

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

E.A.P. DE ODONTOLOGÍA

**Evaluación de la fuerza de adhesión de un sistema
adhesivo a la superficie del esmalte blanqueado con
peróxido de carbamida al 10% con flúor y sin flúor,
estudio in vitro**

TESIS

para obtener el título profesional de Cirujano-Dentista

AUTORA

Jocelyn Graciela Lugo Varillas

Lima – Perú

2007

Jurado de Sustentación

Presidenta : Mg. Martha Pineda Mejía
Miembro : Mg. Ana María Díaz Soriano
Miembro - Asesor : C.D. Hernán Horna Palomino

DEDICATORIA

*A **Díos** por estar siempre a mi lado guiándome, por no dejarme flaquear y ayudarme a seguir cumpliendo mis metas.*

*A mis padres **Graciela y España**, por todo el amor y apoyo incondicional recibido, porque sin ellos no estaría donde estoy ahora*

*A mi hermana **Zahedi** por ser mi compañera y amiga, por brindarme su apoyo incondicional y permanente, por compartir cosas buenas y malas y velar por cada uno de nosotras cuando más lo necesitamos*

*A mi adorada sobrinita **Lía Espinosa Lugo** por ser una luz que ilumina en la familia.*

AGRADECIMIENTO

*Al Dr. Hernán Horna Palomino, por su asesoría,
apoyo y orientación en esta investigación.*

*A la Dra. Ana María Díaz Soriano, por su
disponibilidad y ayuda desinteresada, por
compartir sus conocimientos de metodología.*

*Al Dr. Miguel A. Saravia, por su apoyo y
orientación en esta investigación*

*Al Dr. Marcelo Ginnini, por estar dispuesto
siempre en las dudas y consultas que tenía.*

*A la Dra. Martha Pineda Mejía, por su
disponibilidad y ayuda desinteresada.*

*A todas las personas que de una u otra
manera colaboraron en la realización
de este trabajo, a todos aquellos.*

..... Muchas gracias

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	.....1
II. MARCO TEÓRICO	.....4
2.1. Antecedentes del problema	.....4
2.2. Bases Teóricas	.....13
2.2.1. Esmalte	. ....14
2.2.2. Adhesión	.....16
2.2.2.1. Concepto	.....16
2.2.2.2. Fundamentos de la adhesión	.....17
2.2.2.3. Propiedades superficiales	.....23
2.2.2.4. Parámetros que afectan la adhesión	.....26
2.2.2.5. Factores que favorecen la adhesión	.....29
2.2.3. Adhesión a la estructura del esmalte	.....32
2.2.4. Sistemas adhesivos	.....36
2.2.5. Resina	.....42
2.2.6. Agentes Blanqueadores	.....46
2.2.6.1. Mecanismo de acción	.....46
2.2.6.2. Principales agentes blanqueadores	.....50
2.2.6.3. Clasificación y metodo de aplicación	.....52
2.2.6.4. Efectos Adversos del blanqueamiento	.....55

2.2.7. Flúor	.....59
2.2.8. Mecanismos de acción del Fluoruro en el esmalte	.....61
2.2.8.1. Disminución de la solubilidad del esmalte	.....61
2.2.8.2. Remineralización del esmalte	.....63
2.2.8.3. Acción de los fluoruros sobre las bacterias	.....65
2.2. 9. Agentes Blanqueadores con fluoruro	.....66
2.2.10. Test de microtensión	.....67
2.3. Planteamiento del problema	.....68
2.4. Formulación del problema	.....69
2.5. Justificación	.....70
2.6. Objetivos de la investigación	.....71
2.7. Hipótesis	.....72
III. MATERIALES Y MÉTODOS	.....73
3.1. Tipo de estudio	.....73
3.2. Población y Muestra	.....73
3.3. Operacionalización de variables	.....75
3.4. Materiales	.....76
3.5. Procedimientos y técnicas	.....77

Obtención de la muestra	.....	77
Preparación de la muestra	.....	77
Procedimiento de blanqueamiento	.....	78
Procedimiento de adhesivo	.....	79
Obtención de los especímenes	.....	80
Test de microtensión	.....	80
3.6. Recolección de datos	.....	82
IV. RESULTADOS	.....	83
V. DISCUSIÓN	.....	87
VI. CONCLUSIONES	.....	92
VII. RECOMENDACIONES	.....	94
VIII. RESUMEN	.....	95
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	.....	97
ANEXOS	.....	104

VIII. RESUMEN

El objetivo del presente estudio *in Vitro* fue evaluar la fuerza de adhesión de un sistema adhesivo a la superficie del esmalte blanqueado con peróxido de carbamida al 10% con flúor y sin flúor

Se utilizaron 9 terceras molares sanas, las cuales fueron divididas en 3 grupos: control (no blanqueado), grupo I (blanqueado con Opalescence 10%), grupo II (blanqueado con Opalescence PF 10%). Los grupos blanqueados tuvieron un periodo de blanqueamiento de 6 horas por día a temperatura 37°C durante 14 días consecutivos y fueron almacenados en saliva artificial.

Se esperó 7 días para colocar un bloque de resina (Filtek Z350, 3M) de 5x5x3mm (anchura, longitud, altura) colocada en la superficie bucal, palatina o lingual de cada diente, previamente se usó ácido fosfórico al 35% (Scotchbond, 3M) y un sistema adhesivo (Single Bond 2, 3M). Se usó un disco diamantado biactivo para realizar cortes horizontales y verticales para obtener los especímenes, los cuales fueron almacenados en agua bidestilada. Luego de 24 horas los especímenes fueron examinados con el método de microtensiómetro a 0.5mm/min. Los datos fueron analizados con el Test de ANOVA y post test de Tukey para determinar las diferencias significativas entre los grupos experimentales ($p < 0.05$).

Los resultados fueron: control=30.51 \pm 7.48 MPa, grupo I=24.51 \pm 7.96 MPa, grupo II= 28.47 \pm 5.89 MPa. La fuerza de adhesión de un sistema adhesivo a la superficie del esmalte blanqueado con peróxido de carbamida 10% con 0.11% ión fluoruro es significativamente mayor que a la superficie del esmalte blanqueado con peróxido de carbamida 10% sin flúor.

Se concluyó bajo las condiciones de este estudio que la incorporación del ión fluoruro al 0.11% en el peróxido de carbamida 10% (Opalescence) preserva la fuerza de adhesión a comparación del peróxido de carbamida 10% que no contiene flúor en su composición (Opalescence PF), después de un régimen de blanqueamiento.

Palabras claves: peróxido de carbamida fluorado, esmalte dental, fuerza de adhesión

SUMMARY

The purpose of this study in vitro was to evaluate the bond strength of adhesive system to the surface of bleached enamel with 10% carbamide peroxide with fluoride and without fluoride.

We used nine healthy third molars, which were divided in three groups: Control (unbleached), group I (bleached with 10%Opalescence), group II (bleached with 10%Opalescence PF). Bleached groups had a period of bleaching of 6hours per day at 37°C, during 14 consecutive days and were stored in artificial saliva.

We waiting 7 days to put a resin block (Filtek Z350,3M) of 5x5x3mm (w,l,h) on the buccal, palate or lingual surface of each tooth, previously we used 35% phosphoric acid (Scotchbond, 3M) and adhesive system (Single Bond 2, 3M). We used a diamond bioactive disc to make horizontal and vertical cut to obtain the specimens, which were stored in distilled water. After 24 hours, the specimens were tested with the microtensile method at 0.5mm/min. Data were analyzed with the Test ANOVA and post Tukey test for determine significant differences between the experimental groups ($p<0.05$).

The results were: Control= 30.51 ± 7.48 MPa, group I = 24.51 ± 7.96 MPa, group II = 28.47 ± 5.89 MPa. The bond strength of adhesive system to the surface of bleached enamel with 10% carbamide peroxide with 0.11% fluoride ion is more significant than the surface of bleached enamel with 10% carbamide peroxide without fluoride.

We conclude that under conditions of this study that the fluoride ion 0.11% additioned in the 10% carbamide peroxide (Opalescence) preserves the bond strength a comparison of 10%carbamide peroxide that does not contain fluoride in its composition (OpalescencePF), after a bleaching period.

Key words: fluoridated Carbamide peroxide, dental enamel, Microtensile bond strength.

I. INTRODUCCIÓN

A través de la historia, los criterios de estética han sido influenciados por la cultura y el ambiente; por ejemplo, una referencia del año 2000 a.c. menciona la costumbre japonesa de decolorarse los dientes, este procedimiento se denominaba “Ohaguro”, cuyo resultado era una sonrisa con dientes negros o marrones oscuros, en el apogeo de la civilización Maya los dientes desgastados eran adornados con incrustaciones de piedras nefríticas ¹; otras citas relatan que durante la España preromana, los sumos sacerdotes manifestaban que enjuagarse los dientes con orina mantenían los dientes saludables y blancos.

En el mundo moderno dientes blancos, bien contorneados y alineados establecen el patrón de belleza, pero no son solo considerados partes del atractivo; también son indicadores de salud nutricional, autoestima, higiene, nivel económico y sexualidad.

El blanqueamiento dental es uno de los procedimientos más solicitados de la odontología estética, es un procedimiento que elimina manchas o coloraciones de origen extrínseco o intrínseco; a pesar de considerarse un procedimiento conservador presenta efectos adversos que hay que tener en consideración.

Existen muchos estudios in vitro sobre los efectos adversos del blanqueamiento en el esmalte, investigaciones en microscopia electrónica del esmalte blanqueado que presentan poco o nada de alteraciones y otros reportan cambios significativos en la superficie de esmalte, como aumento en la porosidad, erosión y desmineralización; también alteraciones en la composición química, en las propiedades mecánicas como microdureza y fuerza de adhesión en relación con los materiales dentales.

Existe varias técnicas de blanqueamiento una de las menos invasivas es la técnica del blanqueamiento supervisada por el profesional y administrado por el mismo paciente usando cubetas de acetato y como agente blanqueador el peróxido de carbamida al 10%, esta concentración mínima es segura sobre todo para tejidos blandos y es considerada un método efectivo para el blanqueamiento en dientes vitales ².

Por otro lado en el mercado existen diversos agentes blanqueadores por la gran demanda de tratamientos estéticos, uno de los cuales son los agentes blanqueadores fluorados; en estos últimos años han aparecido algunos estudios donde evalúan estos agentes blanqueadores con contenido de flúor, como el estudio relacionado con el potencial de remineralización del peróxido de carbamida al 10% con flúor sobre el esmalte previamente desmineralizado, concluyendo que la adición del flúor a un sistema blanqueador dental no afecta la eficacia de este gel blanqueador y mejora las propiedades de remineralización ³, en este estudio la superficie del esmalte dental al captar el ión flúoruro incorporado en el mismo blanqueador estaría incrementando la resistencia del esmalte a la desmineralización, esto provocaría una mínima alteración de la estructura morfológica del esmalte por tanto ayudaría a mejorar la fuerza de adhesión.

Sobre la fuerza de adhesión de un sistema adhesivo al esmalte tratado con un agente blanqueador fluorado; existe un estudio en el cual usaron como agente blanqueador el peróxido de carbamida al 10% que contenía flúor, este en concentraciones de 0.5 y 0.2% de ión fluoruro, en este estudio se presentó una similar fuerza de adhesión del esmalte blanqueado con el esmalte no blanqueado ⁴.

Por todo ello el propósito del estudio es evaluar la fuerza de adhesión de un sistema adhesivo a la superficie del esmalte

blanqueado con peróxido de carbamida al 10% con flúor (0.11% ión fluoruro) y sin flúor, colocada después de una semana del blanqueamiento, tiempo mínimo que es recomendado para realizar una restauración estética ⁵, usando productos que tengan mayor demanda en el mercado.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

Antecedentes sobre las alteraciones en la morfología del esmalte blanqueado con peróxido de carbamida 10% sin flúor y con flúor

El peróxido de carbamida al 10% con o sin incorporación del flúor es capaz de producir alteraciones en la superficie del esmalte, la mayoría de estudios revisados se han limitado a describir estas alteraciones a nivel de la textura como: aumento de la superficie ablandada, rugosidades, microporosidades y cambios de la dirección de los prismas; a todo esto también se le incluye las alteraciones en la microdureza.

De los estudios revisados tenemos los siguientes:

McCracken MS, Haywood VB. (1996) ⁶ El propósito de este estudio in Vitro fue medir la cantidad de calcio perdido del esmalte el cual fue expuesto a una solución de peróxido de carbamida (PC) al 10%. Se concluyó que los dientes expuestos a PC10% *perdieron calcio*; sin embargo, la cantidad de pérdida fue pequeña, y no podría ser clínicamente significativa.

Apéstegui Pinto, Marcia (2000) ⁷ Concluyeron que de las piezas evaluadas el incisivo central inferior obtuvo mayores intensidades de dolor y los mayores cambios de *hipersensibilidad* se obtuvieron al 4to día de la evaluación.

Cimilli H, Pameijer CH (2001) ⁸ El propósito de este estudio fue evaluar el efecto de 2 agentes blanqueadores comerciales de PC (Opalescence y Nite –White), en concentraciones de 10, 15 y 16% en esmalte.

Concluyeron que algunas formulas de las concentraciones de blanqueadores disminuyeron significativamente *la dureza* de la superficie del esmalte y causaron *disolución del calcio* del esmalte a través de la conversión de hidroxiapatita. Nite White en particular exhibió una reducción en VH y un cambio en la hidroxiapatita.

Burgmaier GM, Schulze IM, Attin T.(2002)⁹ El propósito de este estudio in Vitro fue evaluar los efectos del blanqueador con PC 10% en la captación del flúor en el esmalte. Se concluyó que los dientes expuestos a PC10% *perdieron flúor*. Sin embargo, la cantidad de pérdida fue pequeña, y no podría ser clínicamente significativa.

Basting RT, Rodriguez AL, Campos M. (2003)¹⁰ El propósito de este trabajo fue evaluar las diferentes concentraciones de PC (10 al 22%) y la *microdureza* del esmalte en diferentes intervalos de tiempo. Se usó Opalescence PF20% y Opalescence 20%, evaluaron la medida de microdureza en ocho y siete horas, 14, 21, 28, 32 y 35 días. Los resultados fueron: el esmalte expuesto a Opalescence PF20% en el 49vo día exhibió la menor diferencia significativa comparándolo con el grupo control, los demás blanqueadores mostraron a los 14 días una gran diferencia en los valores con respecto al grupo control.

Attin T, Kocabiyik M, Buchalla W, Hanning C, Becker K (2003)

¹¹ El propósito de este estudio fue evaluar el efecto del gel PC fluorado en la formación de la erosión inducida por la desmineralización del esmalte. Los grupos controles (no blanqueados) revelaron una *pérdida de dureza en Knoop* más baja comparándola a los especímenes tratados con PC10%. Concluyendo que el tratamiento con PC 10% fluorado o no fluorado, con pH neutral o ácido hace que el esmalte sea más susceptible a la desmineralización y que el uso de un gel PC 10%

fluorado con pH neutro disminuye el grado de *superficie reblandecida* comparándola a los otros geles investigados.

Pinto CF, Oliveira R, Cavalli V, Giannini M (2004) ¹² El propósito de este estudio fue evaluar la *microdureza*, la *rugosidad* y la morfología de la superficie del esmalte humano expuestos a 6 agentes blanqueadores, para lo cual se formó 7 grupos: grupo control, blanqueado con whiteness Perfect-PC10%, Colgate Platinum-PC10%, Day White 2Z-PH7.5%, Whiteness super-PC37%, Opalescence Quick-PC35%, Whiteness PH35%. Concluyendo que todos los agentes blanqueadores producen una disminución en la microdureza del esmalte y un aumento en la rugosidad de la superficie, pero solo el peróxido de hidrógeno (PH) al 35% produjo la más alta diferencia significativa que el grupo control y a su vez este agente blanqueador incremento la rugosidad y alteró significativamente la morfología de la superficie del esmalte, todos los grupos blanqueados presentaron alteraciones en la superficie con diferentes niveles de cambios pero la superficie del esmalte blanqueado con PC10% mostró una leve disolución intraprismática.

Goo DH, Kwon TY, Nam SH, Kim HJ, Kim KH, Kim YJ (2004) ¹³ El estudio investigó el efecto del PC 10% en el color y pérdida de minerales. Los esmaltes fueron blanqueados por dos semanas 6h/d y almacenados 18 horas en agua bidestilada diariamente. Concluyeron que del total de minerales se disminuyó de 90.39 a 86.01 después del blanqueamiento. También calcularon que el cociente *Ca/P* disminuyó de 2.10 a 2.07, sin embargo los cambios no fueron significativamente diferente con los esmaltes almacenados en agua bidestilada excepto en el cambio de color.

De Oliveira R, Paes Leme A, Giannini M. (2005) ¹⁴ Este estudio in Vitro evaluó la *microdureza* del esmalte humano sometido a

blanqueamiento con PC 10% conteniendo calcio o flúor. Formaron los siguientes grupos: grupo control (no blanqueado), otro fue sometido a blanqueamiento con PC10%, otro grupo PC10% con 0.05% de calcio; otro grupo PC10% con 0.1% de calcio; otro PC 10% con 0.2 de calcio; otro grupo PC 10% con 0.2 de flúor y PC10% con 0.5% de flúor. Durante 14 días la superficie del esmalte fue expuesto al blanqueador por 6 horas diarias y almacenadas en saliva artificial.

La microdureza fue medida antes, durante, inmediatamente después del blanqueamiento y después de una semana postblanqueamiento. En conclusión este estudio rechaza la hipótesis nula que a pesar de la adición de iones de calcio y flúor, todo tratamiento de blanqueamiento afecta negativamente la microfuerza de la superficie del esmalte. El gel blanqueador PC que contiene flúor o calcio no evita la pérdida de mineral por el procedimiento del blanqueamiento. Sin embargo la adición de estos iones puede ser beneficiosa en la prevención de grandes cambios minerales.

Gladwell J, Simmons D, Wright JT (2006) ³ El propósito de este estudio fue evaluar si un sistema blanqueador con flúor remineralizaría el esmalte previamente desmineralizado. Se usó terceras molares, cada diente fue dividido en 4 cuadrantes (A, B,C,D) los cuales fueron sometidos a determinados tratamientos : A= PC10%, B= Desmineralización + PC10% con 0.463% NaF, C= No desmineralización + No blanqueamiento, D= Desmineralización + No blanqueamiento. La desmineralización fue 1 semana, con un régimen de blanqueamiento de 8h/d por 21días consecutivos, a 37°C, fueron almacenados en una solución salina. Los datos fueron analizados por ANOVA y la Prueba T (5%). Concluyeron que bajo las condiciones del estudio, *la adición del fluoruro a un sistema blanqueador no afecta la eficacia del gel blanqueador*. La adición del fluoruro en el agente blanqueador puede *mejorar las propiedades de remineralización* en el gel.

Metz MJ, Cochran MA, Matis BA, Gonzalez C, Platt JA, Pund MR. (2007) ¹⁵ El propósito de este estudio fue evaluar y comparar clínicamente un agente blanqueador fluorado (FNa) y un agente blanqueador no fluorado neutral en relación a sus efectos de *dureza* y fuerza de adhesión en el esmalte humano. Se usó PC 15% con y sin nitrato de potasio más fluoruro; veinte personas recibieron este tratamiento blanqueador solo en las premolares, luego se realizó las extracciones de estas piezas. Se obtuvo que no hubo diferencias significativas entre los efectos de estos 2 agentes blanqueadores en la microdureza; concluyendo que el PC15% sin o con nitrato de potasio y flúor no parece alterar la microdureza del esmalte humano.

2.2.2. Antecedentes sobre las alteraciones en la fuerza de adhesión del esmalte blanqueado con PC10% con flúor y sin flúor

La mayoría de estudios observan las alteraciones de la fuerza de adhesión causados por agentes blanqueadores sin la incorporación del flúor, pero son pocos los estudios que observan estas alteraciones causados por agentes blanqueadores que tienen incorporado el flúor; entre los estudios revisados tenemos:

Stokes AN, Hood JA, Dhariwal D, Patel K. (1992) ¹⁶ En este estudio se empleó terceras molares humanas, las cuales fueron divididas en tres grupos: un grupo control (no blanqueado), otro grupo tratado con PH 35% por 2 horas y otro grupo tratado con PC10% por 14 días; se usó como sistema adhesivo el Heliobond vivadent. Los especímenes fueron examinados con una máquina Instron (Prueba de cizallamiento) a 0.5mm/min. Los datos fueron analizados por ANOVA y Pot Test de Duncan (5%). Los resultados fueron: Grupo control=16.2±7.7MPa, PH 35%= 8.4±3.2MPa, PC

10%= 9.4±4.4 MPa. La fuerza de adhesión resina-esmalte después del tratamiento con PH 35% y PC 10% fue significativamente más bajas que el grupo control. Concluyeron que el blanqueamiento externo con estos blanqueadores puede reducir la calidad de adhesión entre la resina y esmalte.

Sung EC, Chan SM, Mito R, Caputo AA. (1999)¹⁷ Este estudio in vitro evaluó el efecto de 3 agentes adhesivos dentales (OptiBond, All-bond 2, One –Step) en la fuerza de adhesión de un composite híbrido al esmalte dental, el cual fue tratado por un agente blanqueador peróxido de carbamida al 10%. Se formó 3 grupos con 2 subgrupos c/u: Optibond (Blanqueado-no blanqueado), All Bond2 (Blanqueado-no blanqueado), One step (Blanqueado-no blanqueado). El régimen de blanqueamiento fue 6h/d por 5 días consecutivos, fueron almacenados en solución salina por 5 días antes de la adhesión. Los especímenes fueron examinados con una máquina Instron para la Prueba cizallamiento, a 0.5mm/min. Los datos fueron analizados por ANOVA y la Prueba T (5%). Los resultados fueron Optibond blanqueado= 23.7 ± 5.6 MPa, Optibond no blanqueado= 19.6 ± 2.9 MPa; All Bond2 blanqueado=14.9 ± 4 MPa, All Bond2 no blanqueado= 20.4 ± 2.3 MPa, One step blanqueado= 13.6 ± 5.9 MPa, One step no blanqueado= 23 ± 3.9MPa. Concluyendo que no hay diferencia estadística en la fuerza de adhesión usando Optibond (Base alcohol) en un esmalte blanqueado y no blanqueado sin embargo la fuerza de adhesión usando All Bond 2 o One step (base acetona) en un esmalte blanqueado fue significativamente más baja que en un esmalte no blanqueado.

Lai S.C.N, Tay F.R, Cheung G.S, Mak YF, Carvalho RM, Wei SH, Toledano M, Osorio R, Pashley DH. (2002)¹⁸ En este estudio

utilizaron ascorbato de sodio para inhibir la disminución de la fuerza de adhesión; se usó dos sistemas adhesivos Single Bond (SB) y Prime & Bond NT (PB), PC10% y ascorbato de sodio; se dividió en tres grupos: grupo I control (el cual no fue blanqueado), en el grupo II se usó PC10% y en el grupo III se usó PC10% y ascorbato de sodio. El régimen de blanqueamiento fue 8h/d almacenados en agua bidestilada en 37°C, por 24 horas. Los especímenes fueron examinados con el microtensiómetro a 0.5mm/min. Se obtuvo los siguientes valores Grupo I: (SB) 32.0 ± 6 MPa, (PB) 33.1 ± 4.2 MPa, Grupo II: (SB) 24.0 ± 5.1 MPa, (PB) 23.7 ± 7.9 MPa, Grupo III: (SB) 33.5 ± 8.7 MPa, (PB) 36.2 ± 7.3 MPa. Se observó que existe una diferencia significativa del grupo I (SB) con el grupo II (SB), no existe diferencia significativa entre el grupo I (PB) con el grupo II (PB) y el grupo III (SB) (PB) con el grupo I (SB) (PB) no presenta diferencias significativas.

Cavalli V, Giannini M, Carvalho R. (2004) ¹⁹ El propósito de este estudio fue evaluar los efectos de bajas concentraciones del PC en la última fuerza de tensión del esmalte (UTS). Una resina en forma de cubo fue construida en la superficie oclusal de 12 terceras molares sanas para facilitar la preparación del espécimen para el test del microtensiómetro. La muestra fue dividida en 6 grupos, cada grupo de 10 especímenes; los grupos fueron: grupo control, opalescente 10%, opalescente 15%, opalescente 20%, Whiteness 10% y Whiteness 16%. Los especímenes en cada grupo recibieron la aplicación PC por 6 horas diarias a 37 °C durante 14 días fueron almacenados en saliva artificial entre cada aplicación. Después del régimen de blanqueamiento, los especímenes fueron examinados con el microtensiómetro a 0.5mm/min. Los datos fueron analizados por ANOVA y TUKEY Test (5%). Los resultados fueron: Control= 47.5 ± 6.2 MPa, Opalescente10%= 37.6 ± 5.8 MPa, Whiteness 10%= 32.5 ± 6.1 MPa, los especímenes sometidos a un régimen de blanqueamiento presentaron fuerzas de adhesión

significativamente más bajas que el grupo control y no encontraron diferencias significativas relacionadas con la concentración de los agentes blanqueadores. Concluyeron que el esmalte blanqueado con PC puede significativamente reducir su UTS dentro de 14 días de tratamiento.

Da Silva AP, de Oliveira R, Cavalli V, Arrais CA, Giannini M, de Carvalho RM. (2005) ²⁰ Este estudio evaluó los efectos de los regimenes del blanqueamiento con peróxido en la ultima fuerza de tensión del esmalte humano (UTS). Se colocó un bloque de resina compuesta en las superficies oclusales de 14 terceras molares erupcionadas extraídas y sanas, para el test de microtensión. Las muestras fueron divididas en 7 grupos: Grupo control (no blanqueado) y grupos blanqueados tratados con 6 regimenes de blanqueamiento; el régimen de blanqueamiento fue de acuerdo a las indicaciones del fabricante, a 37°C, fueron almacenados en saliva artificial por 2 semanas el grupo control, el resto de grupos en humidación relativa. Los especímenes fueron examinados con el microtensiómetro a 0.5mm/min. Los datos fueron analizados por ANOVA y Test TUKEY (5%). Los resultados fueron: Control=51.3 ± 8.6 MPa, Whiteness Perfect-PC10%=31.1 ± 8.4 MPa, Colgate Platinum PC10%=32.1 ± 13.1 MPa. Concluyeron que todos los regimenes del blanqueamiento produjeron una disminución significativa en la UTS.

Giannini M, Silva A, Cavalli V, Paes Leme A. (2006) ⁴ El propósito de este estudio fue evaluar los efectos del agente blanqueador de PC que contiene flúor o calcio en la ultima fuerza de tensión del esmalte (UTS) humano. Se construyó una resina en forma de cubo en la superficie oclusal de 22 terceras molares sanas para facilitar la preparación del espécimen para el test de microtensiómetro. Las muestra fueron divididos en 12 grupos, el grupo control no fue

sometido al blanqueamiento, los especímenes fueron tratados con PC 10% o con PC 10% con flúor (0.2% y 0.5%) o calcio (0.05% y 0.2%). Los grupos blanqueados recibieron la aplicación del PC 10% por 6 horas diarias a 37°C, durante 14 días consecutivos y fueron almacenados en saliva artificial (SA) o 100% humedad relativa (HR). Después del blanqueamiento los especímenes fueron examinados con el microtensiómetro a 0.5 mm/min. Los resultados fueron: Control = 36.4 ± 2.45 MPa, PC10% = 23.2 ± 6.5 MPa, PC10% + 0.05Ca = 27.68 ± 6.08 MPa, PC10% + 0.2Ca = 35.6 ± 5.08 MPa, PC10% + 0.2F = 29.8 ± 5.95 MPa, PC 10% + 0.5F = 30.6 ± 5.89 MPa. No observaron diferencias significativas entre los grupos que fueron almacenados en SA y HR. Los especímenes tratados con Flúor o Calcio presentaron similar UTS como el grupo control. Concluyeron que el PC10% que contenía flúor o calcio preserva la fuerza de adhesión después del blanqueamiento.

Nour El-din AK, Miller BH, Griggs JA, Wakefield C. (2006) ²¹

Esta investigación buscó determinar la fuerza de adhesión, grado de filtración de la resina y el modo de falla cuando los solvente orgánicos de la base adhesiva (acetona o etanol) fueron utilizados en la adhesión inmediata al esmalte blanqueado con peróxido del peróxido de carbamida 10% o peróxido de hidrógeno al 38%. Los dos sistemas adhesivos usados fueron Single Bond (Base etanol) y One step (Base acetona). Los especímenes fueron examinados con una máquina Instron para la prueba de cizallamiento, a 0.5mm/min. Los resultados mostraron que la fuerza de adhesión del PH al 38% y el PC10% fueron significativamente mas bajas comparándolo con el grupo control no blanqueado. Cuando se hace la adhesión al esmalte blanqueado inmediatamente, el solvente orgánico del adhesivo no es capaz de eliminar o reducir el efecto adverso del sistema de blanqueamiento en la fuerza de adhesión.

Metz MJ, Cochran MA, Matis BA, Gonzalez C, Platt JA, Pund MR. (2007) ¹⁵ El propósito de este estudio fue evaluar y comparar clínicamente un agente blanqueador fluorado (FNa) y un agente blanqueador no fluorado neutral en relación a sus efectos de *dureza* y fuerza de adhesión en el esmalte humano. Se usó PC 15% con y sin nitrato de potasio más fluoruro; veinte personas recibieron este tratamiento blanqueador solo en las premolares, luego se realizó las extracciones de estas piezas. Para determinar la fuerza de adhesión se usó la Prueba de Cizallamiento. Se obtuvo que no hubo diferencias significativas entre los efectos de estos 2 agentes blanqueadores en la fuerza de adhesión y el PC15% sin o con flúor reduce significativamente la fuerza de adhesión inmediatamente después del blanqueamiento.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Esmalte

Es el tejido más densamente calcificado del cuerpo humano. El esmalte humano maduro esta constituido de 96% de minerales, 1% material orgánico y 3% agua por peso. La fase mineral esta compuesto por millones de cristales de hidroxiapatitas, $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})$ ²²

La mayoría de los cristales de hidroxiapatita se presentan en forma inmadura en donde los iones o moléculas están ausentes y ocurren sustituciones extrínsecas para desestabilizar el cristal y hacerlo más soluble. Una excepción terapéutica importante es la incorporación del ión fluoruro. En el esmalte maduro, los cristales hexagonales unidos continuamente tienen 25 a 39nm en espesor y

45 a 90nm en ancho. La longitud del cristal, ya sean de las entidades columnares de espesor completo del esmalte o de las unidades segmentadas, todavía están por ser determinados.

Los cristales están orientados perpendicularmente a los contornos cóncavos de las células secretoras ameloblásticas. La deposición cristalina, repetida en un patrón simétrico, forma las unidades básicas estructurales del esmalte, los prismas o bastones

23

Prismas del esmalte

Se describen como la forma de un ojo de cerradura o como un hongo, con un núcleo circular, o cabeza de 4 a 5µm de diámetro. Comenzando a 1mm desde la unión cemento esmalte, los prismas sobre las superficies verticales pasan oclusal o incisalmente a una inclinación de 60 grados y progresivamente se inclinan acercandose a los rebordes marginales y hacia las puntas cuspídeas, donde los prismas están esencialmente paralelos al eje axial de la corona. Los prismas que están por debajo de las fisuras oclusales también están paralelos al eje axial, pero los prismas a cada lado de la fisura varían hasta 20 grados desde el eje axial

Cervicalmente, la progresiva desinclinación de los cristales producidos desde los límites de los ameloblastos adyacentes forman una cola con forma de abanico conocida como el área interprismática.

Cada prisma atraviesa el espesor completo del esmalte, excepto por una estrecha zona aprismática altamente mineralizada tanto en la superficie y en la unión amelodentinaria.

El centro de cada prisma está rodeado por sustancia interprismática, los tres cuartos oclusales de cada centro está caracterizada por la unión de cristales encontrandose en ángulos

agudos; esta interfase llamada la vaina prismática, es única debido a su aumentado espacio intercrystalino, localización de microporos y grandes cantidades de matriz orgánica.

El espacio, la orientación de los cristales y la cantidad de matriz orgánica hacen límite del prisma y al núcleo central diferencialmente solubles cuando son expuestos a un ácido débil por un breve periodo. Los grabados ácidos remueven cerca de 10µm de la superficie del esmalte y luego preferencialmente el núcleo del prisma o su periferie, para formar una superficie veteada con microporosidades mayores de 20 µm en profundidad. La superficie del esmalte grabada tiene una alta energía superficial, así que el polímero de la resina fluye y se adhiere intimamente a las depresiones grabadas para polimerizar y formar retensiones de resina. Debido a que existen de 30 000 a 40 000 prismas del esmalte por mm² y la penetración del grabado incrementa el área de la superficie de unión de 10 a 20 veces se logra el enlace micromecánico de las resinas restauradoras al esmalte ²³

Color

El esmalte es relativamente translúcido; el color es principalmente una función de su espesor y del color dentinal subyacente. A partir de los 2.5mm en las puntas cuspídeas y 2mm en los bordes incisales, el espesor del esmalte disminuye significativamente por debajo de las fisuras oclusales profundas y se adelgaza hasta un espesor insignificante cervicalmente.

Las anomalías de desarrollo y mineralización, pigmentaciones extrínsecas, antibioticoterapias y excesivo fluoruro pueden alterar el color natural de los dientes.

La translucidez del esmalte está directamente vinculada al grado de mineralización. La porosidad dentro del esmalte esta manifestada clínicamente por la opacidad blanca lechosa.

La superficie lisa, color blanco tiza y aspecto rugoso del esmalte es debido a la desmineralización ²³

Permeabilidad

Los microporos forman una conexión dinámica entre la cavidad oral externa y los fluidos sistémicos, pulpaes y fluídos de los túbulos dentinarios. Cuando un diente se deshidrata los microporos vacíos hacen que el esmalte tenga apariencia tizosa y un color más claro, esta es rapidamente reversible con un ambiente oral de humedad. Diferentes fluidos, iones y sustancias de bajo peso molecular ya sean perjudiciales, fisiológicas o terapéuticas, pueden difundirse a través del esmalte semipermeable; por lo tanto, la dinámica de la desmineralización ácida, caries, reprecipitación o remineralización, captación de flúor, y terapia vital de blanqueamiento no están limitadas a la superficie de contacto ²³

Desgaste

El esmalte tiene una dureza Knoop de 343. El desgaste para el esmalte por contacto fisiológico normal es de 29 μm por año. Los materiales restauradores que reemplazan o funcionan contra el esmalte deben tener un desgaste compatible ²³

2.2.2. Adhesión

2.2.2.1. Concepto

De manera amplia el concepto de adhesión se denomina a cualquier mecanismo que se emplea para mantener dos partes en contacto.

La odontología restauradora lo define como la unión del biomaterial a aplicar a un sustrato sólido (las estructuras dentales) manifestándose la adhesión como tal en la interfaz diente-restauración, vale decir entre sus superficies o caras en contacto, los cuales deben producir fuerzas que mantengan fijas las superficies en forma permanente ^{24, 25}

2.2.2.2. Fundamentos de la adhesión

2.2.2.2.1. Enlaces o uniones químicas

Atómicos o de valencia primaria

Enlace iónico:

Se produce entre dos átomos de igual o distinta naturaleza que se unen, transfiriendo uno de ellos sus electrones de valencia, que son captados por el o los otros átomos con los cuales conformaran un compuesto molecular; por ejemplo la molécula de NaCl, el átomo de Na tiene un electrón de valencia y lo transfiere al Cl al perder este electrón el Na se transforma en un ión positivo (Na^+), por otro lado el Cl adquiere una configuración estable convirtiéndose en un ión negativo (Cl^-). De ahí el nombre de este enlace en que dos átomos ionizados se unen en un enlace químico primario llamado iónico.

Los biomateriales cerámicos tienen este tipo de enlace.

Enlace covalente:

Es aquel en el cual dos átomos de igual o distinta naturaleza se unen compartiendo sus electrones de valencia; por ejemplo la unión de dos moléculas de cloro donde comparten uno de sus siete electrones de su última capa, otro ejemplo el agua (H_2O) donde el oxígeno tiene seis electrones de valencia y el hidrógeno uno.

Los polímeros orgánicos tienen este tipo de unión.

Enlace metálico:

Se presenta en átomos que se encuentran en la parte izquierda de la tabla periódica quienes tienen una pequeña cantidad de electrones de valencia, en ellos se alcanza una estructura estable perdiendo los electrones extremos, por ejemplo el enlace metálico de Litio.

Moleculares o de valencia secundarias

(Fuerzas de Van der Waals)

Por ser moleculares y no atómicas algunos los denominan enlaces físicos y no químicos, son mucho más débiles que las uniones de valencia primaria siendo responsables de la fuerza de cohesión intermolecular.

El estado sólido, líquido o gaseoso en que se presentan algunos elementos o compuestos es originado por este tipo de enlace, siendo de especial importancia su participación en la adhesión de los biomateriales restauradores a los tejidos dentarios.

Para que se produzca es necesario que la molécula se encuentre formada cuando menos por dos átomos diferentes y

deben tener: distintos números tanto de electrones totales como parciales (los de la última capa), distinta masa atómica y encontrarse unidos por enlaces covalentes; estos cuatro factores crean una molécula estable, desde el punto de vista de la configuración atómica y química molecular, pero también crean un desequilibrio eléctrico, por la generación de fuerzas electrostáticas de atracción intermolecular (atracción electromagnética entre polos opuestos); por ejemplo el agua las partes atómicas formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno unidos por enlace de covalencia la densidad de electrones alrededor del núcleo del oxígeno es mayor que en las proximidades del núcleo del hidrógeno, en consecuencia en la molécula de agua las partes atómicas formadas por hidrógeno son positivas con relación a las partes atómicas del oxígeno, que son negativas; de este modo se forma un dipolo eléctrico.

Fuerza de Keeson:

Se producen entre dos o más moléculas que son naturalmente polares, en las cuales los dipolos se orientan eléctricamente para disminuir su energía interna y de esta manera lograr su atracción máxima.

Fuerza de Debye:

Se produce entre una molécula polar y otra que no lo es. En este caso la cercanía de la molécula polar a la no polar, induce a esta última a polarizarse, en virtud de su campo electrostático. Se ha generado así una unión dipolo-dipolo inducido

Fuerza de dispersión de London:

Se da por dipolos instantáneos, la cual se produce en cualquier molécula aunque esta no sea polar, estos dipolos instantáneos se establecen aleatoriamente y en distintas

moléculas, lo cual se traduce en que en la interfaz molécula-molécula, la molécula polarizada instantánea induzca a la polarización de su vecina por lo tanto se genera una fuerza de atracción entre un dipolo instantáneo y uno inducido.

Los dipolos instantáneos se caracterizan por no depender de la existencia de dipolos permanentes en moléculas polares (existe en cualquier interfaz no polar) y por ser la más fuerte de las fuerzas bipolares.

Puentes de Hidrógeno:

Es un caso especial de interacción de dipolo-dipolo y es una unión en la que siempre esta involucrado un átomo de hidrógeno. Se produce por la atracción entre moléculas que tienen átomos altamente electronegativos, como el oxígeno o el flúor y uno o más átomos de hidrógeno.

La molécula de agua es polar, ya que los electrones se encuentran más cercanos al núcleo del átomo de mayor masa (oxígeno de carga negativa) que de los átomos de hidrógeno de menor masa y carga positiva. Esto da lugar a una interacción dipolo-dipolo entre los átomos de hidrógeno y oxígeno con moléculas vecinas que constituyen el puente de hidrógeno, es una unión fuerte y responsable de la relativa estabilidad del agua, en comparación con sustancias con uniones covalentes de equivalente peso molecular a la del agua, como son: el sulfato de hidrógeno (H_2S) y el amoníaco (NH_3), que a temperatura ambiente son gases.

Las uniones por puente de hidrógeno también se forman en presencia de radicales altamente polares como los oxidrilos (OH^-) y los carboxilos (COOH^-) presentes en los tejidos dentarios y también en los sistemas adhesivos de las resinas compuestas.

Las reacciones químicas que frecuentemente ocurre en la manipulación y aplicación de los biomateriales de uso odontológico como la polimerización, todas estas reacciones de

endurecimiento conlleva por lo general a variaciones dimensionales ya sea por la reacción química misma o por el cambio de estado (de un líquido a un semisólido o sólido), así las sustancias que polimerizan se contraen.

Si hay cambios dimensionales significa que habrá desadaptación entre las partes a unir ya sea durante o después del endurecimiento de una de ellas sobre la otra, la cual significa la separación de lo que se quiere unir con el sustrato al cual se pretende adherir, con la consecuente posibilidad de dejar una interfaz por la cual puedan filtrarse fluidos; también puede producirse cambios dimensionales entre dos superficies por variaciones de temperatura, con la consecuente posibilidad de separación entre ellas ya que al dilatarse o contraerse ambas en diferente medida (según la naturaleza intrínseca, expresada por su coeficiente de variación térmica lineal) se generan fuerzas que perjudican la adhesión ²⁵

2.2.2.2.2. Medios y formas de Adhesión

Adhesión Física

Macromecánica:

Es la que requiere las restauraciones no adherentes a los tejidos dentarios, se logra mediante diseños cavitarios; las formas de retención o anclaje pueden ser:

Por fricción o roce, profundidad, profundización, cola de milano, compresión, extensión, pines rieleras.

Micromecánica:

Es la adhesión física propiamente dicha; se produce por dos mecanismos o efectos en las cuales están involucradas las superficies dentarias y los cambios dimensionales que al endurecer puedan tener los medios adherentes y/o el biomaterial restaurador.

Estos mecanismos son los siguientes:

- Efecto geométrico: se refiere a las irregularidades superficiales que puedan tener dos superficies sólidas en contacto. Al penetrar un adhesivo líquido o semilíquido y endurecerse entre ellas, las trabará. Dichas irregularidades se producen ya sea por fresado o por acondicionamiento (grabado) ácido.
- Efecto reológico: Si sobre una superficie sólida se endurece un semisólido o un semilíquido y éste cambio dimensionalmente es posible por contracción y expansión, se producirá un ajuste de tal manera que termine adheriéndose físicamente sobre él.

Adhesión Química o específica

Es la que se logra exclusivamente por la reacción química entre dos superficies en contacto.

Por enlaces primarios:

Se refiere a uniones a nivel de átomos, específicamente se produce entre los electrones que conforman la capa atómica más externa, vale decir con relación a sus electrones

de valencia; estos enlaces son: iónicos, covalentes y metálicos

Por enlaces secundarios:

Se produce como consecuencia del desequilibrio electrostático entre los átomos que conforman una molécula. Este desequilibrio se origina por la diferente densidad de electrones que cada átomo tiene a su alrededor. Se le conoce como fuerzas de Van der Waals (fuerzas de Keeson, fuerzas de Debye, fuerzas de dispersión de London y el puente de hidrógeno) ²⁵

2.2.2.3. Propiedades superficiales

Energía superficial

Se manifiesta como un campo eléctrico electrostático en la superficie de un cuerpo sólido, la cual es capaz de atraer a las moléculas libres del medio que tengan un campo eléctrico contrario. Tienen alta energía superficial los cuerpos cristalinos (esmalte y materiales cerámicos) o los de naturaleza metálica (metales y aleaciones especialmente nobles o preciosas)

La superficie del esmalte contiene principalmente hidroxiapatita, la cual tiene una alta energía superficial libre ^{25, 23}

En cambio, los cuerpos orgánicos como la dentina, el cemento dentario o los polímeros tienen una baja energía superficial.

En la adhesión, se requiere una alta energía superficial del tejido dentario, por ello la adhesión a un esmalte se da si este presenta una superficie limpia, no fluorizada y no contaminada con un sustrato adsorbido; sustratos adsorbidos en los tejidos dentarios darán como resultado, por una parte, sustratos superficiales con baja energía, y por otra, que los adhesivos interactúen con el

sustrato adsorbido y no con el sustrato superficial, disminuyendo con ello la potencialidad adhesiva, tanto física como química. Por lo tanto la superficie del esmalte debe ser limpiada vigorosamente y pretratada antes de los procedimientos adhesivos para aumentar su energía superficial libre y en consecuencia para hacer más receptivo el enlace ²³

Un concepto importante en la química de las superficies es que algunas propiedades fundamentales de un material pueden depender más de las características químicas y composición de su estrato superficial, que de las propiedades del resto de la masa del material (tales como: propiedades mecánicas superficiales en adhesión o la fricción, fenómenos ópticos superficiales, percepción del color y textura, la reacción de los tejidos a los materiales, la humectancia, etc.).

El esmalte normal presenta una energía superficial de ± 30 dinas/cm. Los adhesivos resinosos hidrófobos tienen una tensión superficial de ± 40 dinas/cm. La interrelación de estos valores posibilita asegurar que bajo estas condiciones el esmalte no podría ser mojado por el adhesivo.

La energía superficial del esmalte aumenta a ± 42 dinas/cm, cuando es acondicionado (grabado) con ácidos en concentraciones adecuadas, posibilitando ésta técnica que se pueda generar fenómenos ideales de humectación y adhesión ²⁵

Tensión Superficial

Es el campo electrostático en la superficie de un líquido, las moléculas del líquido tienen una energía cinética prácticamente ilimitada hace que las fuerzas cohesivas se manifiesten. Es así que la atracción cohesiva determinará que todas las moléculas tiendan a acercarse hacía un centro común y en un ambiente sin

gravitación formará una esfera, debido que todo líquido suspendido en el aire o en el vacío tiende a tener un menor volumen, siendo éste una esfera. Esa esfera de moléculas libres deja en su superficie a moléculas con campos electrostáticos que tenderán a esparcirse con facilidad o dificultad sobre un sólido dependiendo de la energía en su superficie.

Los valores de tensión superficial varían de acuerdo a la temperatura y la pureza del líquido en estudio. En general, la tensión superficial de todos los líquidos disminuye al aumentar la temperatura ²⁵.

Humectancia

Es la capacidad de un líquido de mojar a un sólido. Mientras más baja sea la tensión superficial de un líquido frente a un sólido de alta energía superficial, mejor lo humectará o mojará; e inversamente, una alta tensión superficial del líquido y una baja energía superficial del sólido, impedirá que el líquido moje al sólido y más bien tienda a formar gotas sobre la superficie. El grado de imprimación ideal ocurre cuando los valores de tensión superficial del líquido adhesivo son ligeramente menores que los valores de energía superficial del sustrato sólido.

La formación de gotas en la superficie de un sólido es un signo indicativo de la mayor o menor humectancia de un líquido, y aún más la curvatura de la gota también es indicativa de la humectancia. Mientras más tendencias la gota tenga en formar una esfera, menos humectante será un líquido. Por el contrario mientras más plana sea la gota, más mojará el líquido al sólido.

Dada esta circunstancia se puede medir la capacidad de mojado de un líquido, a través del denominado ***ángulo de contacto***, el cual se forma entre la superficie de un sólido (en el cual se deposita la gota de un líquido) y una tangente trazada

desde el lugar de contacto de la gota con el sólido y que pasa por su ecuador.

A menor ángulo, más humectará (o mojará) el líquido a un sólido, e inversamente, mientras más cercano este de los 90° o lo supere, menor será la humectancia ²⁵.

Además de un contacto íntimo, la suficiente humectancia del adhesivo solamente ocurrirá si su tensión superficial es menor que la energía superficial libre del adherente ²³

2.2.2.4. Parámetros que afectan la adhesión al tejido dentario

La calidad, resistencia y durabilidad de la adhesión depende de varios factores. Importantes parámetros pueden incluir las propiedades fisicoquímicas del adherente (esmalte) y del adhesivo; las propiedades estructurales del adherente, el cual es heterogéneo; la presencia de contaminantes en la superficie de la preparación cavitaria; el desarrollo de fuerzas externas que impiden el proceso de adhesión por sus mecanismos de compensación y el mecanismo de transmisión de cargas a través de la superficie adherida.

Además el medio oral, sujeto a humedad, fuerzas físicas, cambios en la temperatura, cambios en el pH, componentes dietéticos, y los hábitos masticatorios influyen de manera considerable en las interacciones adhesivas entre materiales y tejidos dentinarios ²³.

Aspectos composicionales y estructuras del esmalte

Debido que el esmalte y la dentina tienen composición y estructura diferente. La adhesión a los dos tejidos dentarios también es diferente.

El contenido inorgánico del esmalte maduro es 95% a 98% por peso (W%) y 86% por volumen (vol%); el principal componente es la hidroxiapatita, por esta razón se dice que el esmalte es una estructura homogénea ^{23, 26, 22}

El contenido orgánico del esmalte maduro es 1 a 2% por peso (W%) y 2% por volumen; el contenido de agua es 4% por peso y 12 % de volumen ^{23, 22}

La hidroxiapatita es la principal fracción inorgánica se encuentra en cristales submicrónicos, orientados en tres dimensiones, en los cuales la diseminación y relación contigua de los cristales contribuye con la unidad microscópica, llamada bastón o prisma. La superficie natural del esmalte es lisa y los extremos de los prismas están expuestos en lo que se describió como un patrón en ojo de cerradura. Las superficies preparadas operativamente exponen prismas en planos tangenciales, oblicuos y longitudinales. El esmalte es casi homogéneo en estructura y composición, sin considerar la profundidad y localización ²³

Humectancia del adhesivo

La interfase ideal entre el material restaurador y el tejido dentario podría ser uno que simule la unión natural del esmalte con la dentina en la unión dentino esmalte. El contacto molecular íntimo entre las dos partes es un prerequisite para desarrollar fuertes uniones adhesivas. Esto significa que el sistema adhesivo debe humectar suficientemente a la superficie sólida, tener una viscosidad que sea lo suficientemente baja para penetrar las microporosidades y ser capaz de desplazar el aire y la humedad durante el proceso de adhesión. Se comparó en un estudio las características de humectación de seis adhesivos los cuales fueron evaluados y

considerados como satisfactorios los ángulos de contacto de menos de 15 grados.

Actualmente los sistemas adhesivos disponibles de uso diario contienen monómeros hidrofílicos, tales como el HEMA, como agente de superficie activa para mejorar la humectación de las resinas adhesivas hidrofóbicas; además, los solventes en los sistemas adhesivos modernos, tales como alcohol y acetona aseguran una adecuada remoción de aire y líquido mediante evaporación rápida.

De la química del polímero, se sabe que la polaridad y solubilidad caracterizan las interacciones moleculares que determinan muchas propiedades físicas como el funcionamiento de la humectación. Si un monómero adhesivo tiene una polaridad y solubilidad similar a aquellas de un sustrato polímero, el monómero puede actuar como un solvente para el polímero e infiltrarlo; si ambos parámetros son suficientemente diferentes, el monómero y el polímero son inmiscibles²³

Contracción de polimerización en las resinas restauradoras

El reordenamiento dimensional de monómeros dentro de las cadenas de polímeros durante la polimerización inevitablemente conduce a una contracción del volumen. Aunque la carga de alto relleno de la matriz de una resina restauradora reduce la contracción por polimerización, las resinas compuestas actuales todavía contraen 2.9 a 7.1 vol% durante la polimerización. Se han reportado fuerzas de contracción dentro de la resina de hasta 7MPa.

En situaciones idénticas la contracción del curado está limitada por el desarrollo del enlace del material restaurador a las paredes cavitarias; esta restricción induce fuerzas de contracción de polimerización, las cuales impiden el desarrollo de la unión resina-

diente mediante tracción del material de resina compuesta polimerizando desde las paredes cavitarias.

Si la cadena mínima es la interfase de unión con el diente, la unión resina-esmalte podría superar la contracción pero no podría la interfase dentina-resina ya que es más débil ²³

2.2.2.5. Factores que favorecen la adhesión

Entre los factores que favorecen a la adhesión tenemos los siguientes

2.2.2.5. 1. *Dependientes de las superficies*

- En contacto íntimo:

Lo mejor que se adapta a un sólido es un líquido; por ello, el biomaterial restaurador o su medio adhesivo deberían ser líquido. Si no hay íntimo contacto, las reacciones químicas y las trabas mecánicas no se producirán.

- Limpias y secas:

El esmalte es fácil de limpiar y secar; en cambio, en la dentina encontrarnos dificultades para realizar ambas cosas

- Con alta energía superficial:

Mientras más alta sea esta energía, mayor será la potencialidad de atraer hacia su superficie tanto biomateriales restauradores adherentes como sus sistemas adhesivos.

- Potencialmente receptivos a uniones químicas:

El esmalte y la dentina lo son; el primero a través de los radicales hidroxilos de la hidroxiapatita y el segundo a través de los mismos más los radicales presentes en la fibra colágena (carboxilos, aminos y calcicos).

- *Superficie lisa vs. rugosa:*

Desde el punto de vista de la adhesión física es indispensable que la superficie sea irregular para que en ella se traben los adhesivos al endurecer. En cambio, desde el punto de vista de la adhesión química es preferible una superficie lisa en donde un adhesivo pueda correr y adaptarse sin dificultad.

2.2.2.5. 2. Dependientes del adhesivo

- *Con baja tensión superficial:*

Mientras menor sea ésta, mejor posibilidad de que el adhesivo humecte a los tejidos dentarios, logrando con ello un mejor contacto que favorezca uniones físicas y químicas.

- *Con alta humectancia o capacidad de mojado:*

Mientras más humectante sea el biomaterial a aplicar o sus sistemas adhesivos, mejor será el contacto favoreciendo con ello sus potenciales uniones físicas y químicas.

- *Con bajo ángulo de contacto:*

Mientras menor sea éste, mejores posibilidades de humectancia, de contacto físico y de reactividad química.

- *Con totipotencialidad de enlace:*

Ello implica que debe ser capaz de unirse física y químicamente a todos los tejidos dentarios, y por supuesto, al biomaterial restaurativo que se pretende unir.

- *Con alta estabilidad dimensional:*

Ya sea al momento de endurecer o una vez endurecido, frente a variaciones térmicas, frente a su propio proceso de endurecimiento o frente a tensiones que intenten deformarlo.

- *Con alta resistencia mecánica química adhesiva-cohesiva:*

Que lo hagan soportar las fuerzas de oclusión funcional y el medio oral.

- *Biocompatibles:*

Tanto con el diente, los tejidos orales y el paciente en sí mismo.

2.2.2.5. 3. Dependientes del biomaterial

- De fácil manipulación, aplicación y mínima implementación.
- Con técnicas adhesivas confiables.
- Compatible con los medios adhesivos a ocupar.

2.2.2.5. 4. Del profesional y del personal auxiliar

Si el profesional no conoce el biomaterial a usar, no tiene la implementación que éste requiere, no capacita a su personal, y además no posee las habilidades psicomotoras que su utilización requiere, jamás podrá sacarle partido a ningún biomaterial de nueva generación que se pretenda usar.

2.2.2.5. 5. De los fabricantes

Con productos probados en el laboratorio y sobretodo clínicamente, de alta durabilidad, con instrucciones claras y precisas,

con mínima implementación, bajo costo, fácil almacenaje y prolongada vida útil ²⁵

2.2.3. Adhesión a la estructura del esmalte

El primer investigador a describir la modificación de la superficie del esmalte para mejorar su adhesión fue Michael Buonocore, en 1955 Buonocore publicó un artículo titulado “Un método simple para aumentar la adhesión de resinas acrílicas a la superficie del esmalte”. En este artículo describió superficialmente cuando el esmalte era sencillamente tratado con un ácido fosfórico al 85% y subsecuentemente lavado con agua, se formarían microporosidades en su superficie las cuales permitirían la penetración de resinas acrílicas autopolimerizables, que se encajarían en las microporosidades creadas, promoviendo una fuerte unión micromecánica.

Cuando ocurre el acondicionamiento ácido del esmalte, éste es tratado con un agente químico acondicionador el cual remueve aproximadamente 20 μm de su superficie, selectivamente disuelve las terminaciones de los prismas del esmalte de la estructura adamantina sobrante. Esta disolución selectiva preferencial del componente inorgánico cristalino genera una superficie porosa con poros de diferentes profundidades, los cuales actúan como un sistema de canales en que un material resinoso poco viscoso puede fluir, penetrando aproximadamente 20-25 μm , juntándose y promoviendo una unión micromecánica efectiva. A pesar de la importancia de este descubrimiento, Buonocore fue ignorado y desmerecido por dos décadas aproximadamente. Probablemente ello fue debido a que el material usado por Buonocore fue basado en metilmetacrilato la cual en

aquella época estaba extinguiéndose debido a su elevada contracción de polimerización ante la hegemonía presencia del silicato. Por ello el grabado ácido adquirió vigencia solamente cuando aparecieron los nuevos materiales poliméricos que prontamente se hicieron conocidos como resinas compuestas dentales. La idea precursora se le adjudica a Knock y Glenn, quienes en 1951 con fines odontológicos propusieron incorporar partículas cerámicas de relleno a las resinas. A partir de esta propuesta, Rafael BOWEN patentó en 1962 su celebre resina BIS-GMA. De esta manera se dio inicio al desarrollo propiamente dicho de materiales poliméricos capaces de adherirse al esmalte. Para alcanzar tal meta, NEWMAN y SHARPE en 1966 tuvieron que modificar la consistencia del material eliminando virtualmente su relleno cerámico, a fin de producir una resina de muy baja viscosidad, la cual fue la primera en lograr adherirse al esmalte.

SHORTALL y WILSON (1988) reportaron el uso clínico consistente del acondicionamiento adamantino con ácido fosfórico logrado en la restauración exitosa de incisivos fracturados mediante la adhesión de un material polimérico a la superficie acondicionada del esmalte.

Durante casi un tercio de siglo de la adhesión al esmalte (1955-2003), su gran efectividad, confiabilidad y su mínima susceptibilidad a la técnica observada desde el comienzo, prácticamente han suprimido la necesidad de modificar el procedimiento clínico original; son pequeñas las excepciones como la concentración del ácido fosfórico (del original 85% al 30-40%), la disminución en su tiempo de aplicación (de 60 segundos originales a 15) y su presentación alternativa en gel, tal estabilidad se atribuye unánimemente al principal mecanismo de adhesión al esmalte dado por el anclaje micromecánico que provee las irregularidades producidas por el grabado ácido.

Es importante también resaltar que una superficie tan reactiva necesita estar bien protegida de contaminación durante la fase inicial del procedimiento de adhesión, por ejemplo la saliva que contiene proteínas

que se adsorben al esmalte acondicionado, pueden actuar reduciendo significativamente la penetración resinosa.^{25, 23, 26}

La desmineralización producida por los ácidos débiles o fuertes en alta concentración, genera un ataque a las estructuras inorgánicas del esmalte a través de una reacción ácido-base con la hidroxiapatita y la formación de sales solubles de fosfato de calcio que posteriormente son eliminadas por el agua de lavado, determinando la formación de los *Tipos o Patrones de Acondicionamiento Adamantino*.

Cuando el ácido desmineraliza los cristales de hidroxiapatita de la cabeza o el cuerpo de la varilla adamantina se obtiene el *patrón de acondicionamiento de Tipo I*; cuando el ácido actúa sobre los cristales de hidroxiapatita del cuello o del extremo caudal se produce un *patrón de acondicionamiento de Tipo II*.

Los *patrones de desmineralización de Tipo I y II*, generan en el tejido adamantino microporos y microsurcos capilares que miden entre 10 a 25 μm de profundidad con una amplitud de 1.5 a 3.5 μm

Ambos patrones de acondicionamiento pueden estar presentes en un mismo diente y en una misma zona, ya sea separadamente o en conjunción, siendo este fenómeno clínicamente arbitrario y no dependiendo de la forma en que el operador aplique el agente acondicionador, sino debido a las características de mineralización o esclerosis de la estructura adamantina y al área estructural y subestructural de las varillas adamantinas involucradas en el acondicionamiento.

Cuando el tiempo de acondicionamiento es mayor a los 15 segundos se produce un *patrón de acondicionamiento de Tipo III*, caracterizado por una mayor pérdida de tejido superficial producida porque el ácido continúa eliminando sustancia en superficie, disminuyendo la profundidad y aumentando la amplitud de los microporos. Este tipo de acondicionamiento no tendría suficiente capacidad para retener micro-mecánicamente en forma efectiva a los sistemas adhesivos

basados en monómeros hidrófugos, por lo que el aumento del tiempo de acondicionamiento es uno de los fenómenos más negativos. Lapsos superiores a los 60 segundos provocan en el esmalte grandes pérdidas de sustancia superficial y ampliación de los defectos estructurales, generando *microcracks* que comunican la periferia del tejido con la dentina.²⁵

Estudios demostraron que el esmalte expuesto a los agentes blanqueadores como peróxido de carbamida 10%, peróxido de hidrogeno 30% sufrieron alteraciones morfológicas leves de la superficie (hendiduras profundas y rugosidad), mientras que la superficie del esmalte tratada con ácido fosfórico presentaron alteraciones morfológicas más importantes (pérdida de estructura superficial)²⁷, otros estudios observaron que en algunas regiones del esmalte blanqueado se asemeja al esmalte grabado con ácido fosfórico²⁸. En un estudio se observó que existe mayor alteración morfológica en el esmalte blanqueado con PC10% y PC20% que con PC5%²⁹

El tiempo de lavado tiene por objetivo eliminar los precipitados o sales de fosfato de calcio en forma de cristales, generados por el accionar de los ácidos acondicionadores en alta concentración y obtener una superficie de alta energía superficial. Un lavado incorrecto permitiría que el ácido pueda continuar actuando en determinadas zonas del esmalte, generando patrones de acondicionamiento de tipo III, que dificultarían los fenómenos de adhesión.

Cuando se aplicaba ácido fosfórico en gel o semigel con un tiempo de lavado de 15 segundos, utilizando agua presurizada era considerado suficiente para eliminar-totalmente el ácido y bloquear su acción.

El esmalte acondicionado y lavado debe ser secado durante 3 a 5 segundos, con aire presurizado, deshumidificado, frío y filtrado. Esta disminución del tiempo de secado se debe a los cambios fundamentales que se manifiestan en los mecanismos de adhesión que

pasaron de utilizar monómeros hidrófugos a monómeros hidrófilos-hidrófugos, por lo que es necesario mantener al esmalte ligeramente húmedo, para que la adhesión sea eficaz²⁵

El esmalte acondicionado permite la humectación por imprimación dentro de los microporos de un monómero resinoso, que una vez polimerizado conformará los microtags de retención micromecánica ^{25,}
23

2.2.4. Sistemas adhesivos

Los nuevos sistemas adhesivos de **Monofrascos**, presentan características especiales de unión a diferentes sustratos como en esmalte o dentina.

Existen sistemas adhesivos que poseen los siguientes elementos:

- *Vehículo*: medio de transporte de los diferentes químicos de composición. Los tipos de vehículo generalmente usados en los diferentes productos en el mercado mundial pueden ser agua, etanol o acetona.
- *Moléculas bifuncionales*: utilizadas también en los denominados *Primers o Imprimadores* en el caso de los adhesivos de multifrascos. Esta molécula bifuncional posee un extremo altamente hidrofílico, capaz de humectar la dentina y en especial la malla colágena de la misma, preparándola para la unión con el resto de materiales restauradores. El otro extremo es de tipo hidrofóbico apto para la unión con el adhesivo o material de restauración respectivo.

Estas moléculas bifuncionales, promotoras de adhesión se basan químicamente en tres grupos:

- HEMA: 2 hidroxi-etil-metacrilato.
- BPDM: bifenil-dimetacrilato.

– 4META: 4metacril-oxi-etil-trimelitato-anhídrido.

- *Grupo de moléculas poliméricas adhesivas:* Generalmente son hidrofóbicas, utilizadas tradicionalmente en el caso de los adhesivos de multifrascos en el Bonding Agent o Agentes de Unión, en su gran mayoría con base en la llamada molécula de Bowen o BIS-GMA (bisfenol-glicidil-metacrilato), como también en el UDMA para el caso de algunos materiales europeos.
- *Grupos químicos para la polimerización:* Pueden ser diquetonas, canforoquinonas e iniciadores químicos que permiten la reacción química indispensable para la conversión del biomaterial.
- *Carga Inorgánica:* Algunos sistemas adhesivos incorporan vidrios en su composición con el fin de disminuir la indeseable contracción de polimerización, aumentar la resistencia tensional y otorgar así mismo un efecto anticariogénico mediante la liberación de pequeñísimas cantidades de iones de flúor.

Cada sistema adhesivo es *único y característico* de su respectivo material de restauración, con modalidades especiales de manipulación de acuerdo a las instrucciones que obligatoriamente deben estar incluidas para cada producto. A continuación se muestra una tabla con componentes químicos de algunos de los más importantes adhesivos para uso odontológico, disponibles en el mercado, tanto del tipo de multifrasco como del monofrasco³⁰

NOMBRE	FABRICANTE	COMPONENTES
Single Bond	3 M Dental	Sistema adhesivo tipo Monofrasco BIS.GMA- HEMA- Copolimero de Acido Poliácrico Itacónico- DMA- Etanol- H ₂ O- Camforoquinona.
Adper Single Bond 2	3 M Dental	Sistema adhesivo tipo Monofrasco BisGMA, HEMA, dimetacrilatos, canforoquinonas, etanol, agua, ácido poliacrílico itacónico, nanorelleno de sílice

- **BIS.GMA** Bisfenol-glicidil-metacrilato
- **HEMA** 2 Hidroxi-etil-metacrilato
- **DMA** Dimetacrilatos

2.2.3.1. Clasificación

La clasificación más empleada en el medio científico – tecnológico se basa en la aparición cronológica del sistema adhesivo en el mercado odontológico, se considera que existen seis o siete generaciones, sin embargo esta clasificación nos permite que los sistemas adhesivos sean categorizados con un criterio objetivo y científico.

Otra clasificación utilizada es la que hace referencia al número de pasos clínicos y presentación física del sistema adhesivo: multibotes o multicomponentes y monobotes o monocomponentes.

Se denominan **sistemas adhesivos multicomponentes o multibotes**, aquellas presentaciones comerciales de adhesivo convencionales que están constituidos por más de un bote (Ej.: Optibond (Total – Etch) – Kerr, Permagen – Ultradent, Permaquik – Ultradent, Scotchbond Multi - Purpose – 3M, Super Bond – Sun Medical). En este caso los fabricantes presentan el primer en un bote separado del adhesivo, con la finalidad que el primer asegure la eficiente mojabilidad de las fibras de colágeno que han sido expuestas previamente por el agente acondicionador, transforme el estado hidrofílico de los tejidos en hidrofóbico y facilite la entrada del adhesivo entre los canales

interfibrilares, una vez que se ha agotado el tiempo de imprimación se aplica el adhesivo que deberá rellenar todas las irregularidades creadas por el agente acondicionador y sellar todos los túbulos dentinarios que fueron abierto previamente por la sustancia desmineralizadora. La polimerización inicial y avanzada estabilizará la capa híbrida conformada, al igual que la copolimerización que se logre entre la resina compuesta y el adhesivo.

Los **sistemas adhesivos monocomponente o monobotes**, son aquellos donde el primer y el adhesivo se han incorporado a través de diferentes procesos químicos y físicos en un solo envase (Ej.: Excite – Vivadent, One Coat Bond – Coltene, One Step – Bisco, Prime Bond NT, Syntac Sprint – Vivadent, Syntac Single Component – Vivadent, Single Bond – 3M). Estos sistemas se sintetizaron con la finalidad de disminuir el número de pasos clínicos y el tiempo de trabajo. Sin embargo, según algunos estudios, la ganancia de tiempo no es substancialmente importante, porque la diferencia de tiempo de trabajo total entre un sistema multibotes y otro monobote varía entre 10 – 60 segundos.

Ventajas de los sistemas monocomponentes:

- Reducción del tiempo de trabajo, en comparación con los sistemas multicomponentes, porque se elimina un paso clínico (aplicación del primer).
- Posibilidad de presentación en monodosis: Asegura la composición estable del adhesivo y la evaporación controlada del solvente.
- Ayuda a disminuir las infecciones cruzadas, porque permite realizar una aplicación más higiénica.
- Permite la incorporación de nanopartículas, que actúan mejorando las propiedades físicas del adhesivo, además

refuerzan la red colágena y favorecen la disminución de fracturas adhesivas y cohesivas de la capa híbrida.

A pesar que los sistemas monocomponentes son adhesivos de alta tecnología, presentan algunas *desventajas*, entre las más importantes:

- El uso de estos sistemas adhesivos, no necesariamente implica la reducción del tiempo clínico, porque algunas presentaciones comerciales ameritan de la aplicación de varias capas (Prime Bond NT – Dentsply), con la finalidad de obtener una capa adhesiva con un grosor suficiente. Técnica más sensible, porque amerita la aplicación de varias capas.
- Existe mayor riesgo de crear una capa de adhesivo muy fina, que no posea la capacidad de absorción de estrés residual o que ocurra una polimerización incompleta debido a la inhibición por oxígeno.
- Estudios clínicos a largo plazo insuficientes.

Van Meerbeek & Others (2000), propusieron un sistema de clasificación que se sustenta primordialmente en la estrategia o mecanismo de adhesión utilizado, resumiendo así la diversidad de sistemas que se encuentran en el mercado dental que son capaces de promover la adhesión.

- 1- Sistema adhesivos convencionales.
- 2- Sistemas adhesivos autograbadores.
- 3- Vidrios ionoméricos.

Sistemas adhesivos convencionales

Según la clasificación de Van Meerbeek & Others (2000), a este apartado pertenecen los sistemas adhesivos que emplean la técnica de grabado total como mecanismo acondicionador de la estructura dental.

Con respecto al mecanismo de adhesión de estos sistemas, se resume de la siguiente manera: Previo acondicionamiento de la superficie del esmalte (Ácido ortofosfórico 35% - 15 seg. – lavado – eliminación del exceso de humedad), se aplica el adhesivo, éste gracias a su baja tensión superficial, pequeño ángulo de contacto, capacidad humectante y capilaridad penetra en las grietas micrométricas creadas por el ácido, formando así los macro – microtags de resina.

La adhesión al esmalte, ha sido corroborada en múltiples estudios, comprobándose que gracias a la composición homogénea del esmalte, tipo de superficie y alta energía superficial (después de la aplicación del agente acondicionador), es posible obtener altos valores de fuerza de adhesión (30 Mpa in vitro), siendo estos valores siempre superiores a los obtenidos en dentina, debido a las características especiales de dicho sustrato, por esta razón, siempre y cuando sea posible se debe preservar el esmalte dental durante la preparación cavitaria, aunque este socavado.

Sistemas adhesivos autograbadores.

Se basan en el uso de monómeros ácidos que acondicionan, imprimen y se adhieren al tejido dental. Cuando se utiliza la técnica de grabado total + sistema adhesivo convencional, el ácido fosfórico se debe enjuagar antes de aplicar el adhesivo, a diferencia, cuando se emplea un sistema autograbador todo en uno, el paso clínico de lavado y enjuague del agente acondicionador se omite, porque éste, por lo general,

se inactiva químicamente 15 – 30 segundos después de haber sido aplicado

Los tags de resinas que se logran obtener con el uso de los sistemas autograbadores son más cortos y de menor diámetro que los obtenidos con los sistemas convencionales.

La fuerza de adhesión que se logra con estos sistemas autograbadores en el esmalte es suficiente, pero es inferior a la que se obtiene con los sistemas adhesivos convencionales (técnica de grabado total), aunque éste es un tema controversial en la actualidad.

Los sistemas adhesivos convencionales continúan siendo los sistemas de elección en la consulta odontológica, porque presentan los mejores resultados en los estudios in vivo / in vitro; además, la técnica que se utiliza en su aplicación es una de las menos sensibles.

Cada sistema adhesivo es único, característico y especial, por esta razón, es recomendable leer las indicaciones y recomendaciones de la casa fabricante del sistema de elección, aunque gran parte de los sistemas adhesivos contemporáneos coinciden en la metodología de aplicación e indicaciones (Técnicas directas) ²⁶

2.2.5. Resina

Poseen cuatro componentes básicos:

Matriz de la resina

Constituidas de monómeros las cuales son diacrilatos alifáticos o aromáticos siendo el Bis-GMA (bisfenil glicidil metacrilato) y el UDMA

(Uretano dimetil metacrilato) los más frecuentemente utilizados, también contienen monómeros diluyentes para disminuir la viscosidad de los monómeros (Bis-GMA y UDMA) que posee alto peso molecular. Los monómeros diluyentes más utilizados son el TEGDMA (trietileno glicol dimetacrilato) que facilita también la manipulación del material.

Partículas de relleno o carga

Ofrecen estabilidad dimensional a la inestable matriz resinosa, con la finalidad de mejorar sus propiedades; cuando se mezcla con la matriz el primer efecto es la reducción de la contracción de polimerización, también produce la menor sorción del agua, menor coeficiente de expansión térmica, aumento de la resistencia de la tracción, compresión, abrasión, y un mayor módulo de elasticidad (mayor rigidez). Entre las partículas de cargas más utilizadas son las partículas de cuarzo o vidrio, estos proporcionan mejor adhesión con los agente de cobertura. Entre otras tenemos las partículas de Sílica de 0.05 μm en tamaño.

Agente de cobertura

Es el responsable de la unión de las partículas de carga a la matriz resinosa, esto es importante a lo que se refiere a las propiedades físicas y mecánicas; estos agentes son frecuentemente denominados silanos ya que hidrolizados poseen grupos silanoles los cuales se unen a los silanos de la superficie de las partículas de carga, los silanos son bipolares por ello tienen grupos metacrilatos que se unen a la resina mediante conexiones covalentes.

Agentes iniciadores

Son químicos que una vez activados o excitados dan inicio al proceso de polimerización; las resinas fotopolimerizables reaccionan con 0.06% de canforoquinona (agente iniciador) y 0.04% de amina terciaria alifática (0.01% de amina aromática) y son activadas con luz

visible que varía de 420 a 450nm para formar radicales libres. El resultado inmediato de un agente iniciador son los radicales libres, los cuales se unen a monómeros resinosos ³¹

Inhibidores

Para minimizar o evitar la polimerización espontánea se agrega inhibidores a los sistemas de resinas. Estos tienen fuerte potencial de reacción con radicales libres, un inhibidor es el hidroxitolueno butilado que se emplea en concentraciones de 0.01% de peso ³²

Modificadores ópticos

Para lograr la apariencia de las estructuras dentarias, las resinas compuestas deben tener una coloración visual (matizado) y una translucidez que puedan simular la estructura del diente. El matizado se logra por la adición de diferentes pigmentos, estos pigmentos a menudo consisten en óxidos metálicos diferentes que se agregan en pequeñas cantidades ³²

2.2.5.1. Resinas compuestas de nanorelleno

Recientemente se ha introducido en el mercado nuevos composites que incluyen partículas de relleno nanométricas; las cuales miden 20-75nm; la carga de relleno es aproximadamente 75 a 85% en peso (60% en volumen), están constituida de vidrio de estroncio silanizado, vidrio de Bario silanizado y acido silícico amorfo hidrofobizado. La matriz orgánica esta constituida por dimetacrilatos Bis-GMA, UDMA, TEGDMA. El sistema iniciador esta constituido por canforoquinonas.

El tamaño de las partículas de relleno no es nuevo dentro de la tecnología de materiales dentales aunque es novedoso el tratamiento superficial con silanos que integran la matriz orgánica del composite, las cuales evitan que se aglomeren; esto fue justamente el problema con estas diminutas partículas que tienden a aglomerarse formando así partículas mas grandes, las cuales no se comportan como nanopartículas y no pueden ser aprovechadas sus ventajas.

Las características de las nanopartículas son: por ser tan reducidas en tamaño no reflejan la luz, son *transparentes* es decir la luz las atraviesa sin reflejar en ella, otra característica se comportan como *líquido*; un composite que solo posea nanopartículas generará un líquido viscoso y transparente, cuando más nanopartículas se incorpore, más líquido será ese material, por esta razón se podrá incorporar en un composite y no modificará la viscosidad; estas características de ser transparente y comportarse como líquidos las invalidan como material de relleno único, por ello debe de acompañarse de partículas grandes tamaño promedio de 0.7micrones, estas partículas actuan como soporte de andamiaje para las partículas nanométricas y otorgan viscosidad al material, regulan la consistencia, dan color, opacidad y radiopacidad.

Como la que utilizan Filtek Supreme 3M que utilizan como partículas de andamiaje a las mismas nanométricas pero aglomeradas formando los llamados “nanoclusters” ³¹. La Filtek Z350 es una nanoresina contienen combinación de nanopartículas y nanoclusters. Este tipo de resina tiene propiedades de pulido similares a la de un material restaurador de microrelleno, mejor que la resinas híbridas o microhíbridas; alta resistencia al desgaste equivalente a la del esmalte, es más resistente que el Filtek Z250, por ello se usa tanto en el sector anterior como en el

sector posterior; alta resistencia a la fractura similar al Filtek Z250 y una baja contracción volumétrica.³³

2.2.6. Agentes Blanqueadores

Son sustancias altamente oxidantes para la aclaración dental, entre estos agentes oxidantes tenemos: peróxido de hidrógeno, perborato de sodio y peróxido de carbamida.

El *peróxido de hidrógeno* se presenta en forma de solución o gel, siendo aplicado en diferentes concentraciones, según el tipo de tratamiento al cual el elemento dental va a someterse. La concentración del peróxido de hidrógeno puede variar del 1.5%. Al 35%.

El *perborato de sodio* es un polvo que, para producir acción blanqueadora, debe entrar en contacto con la humedad, descomponiéndose en peróxido de hidrogeno. También es muy utilizado en consultorio, asociado al peróxido de hidrogeno al 35% con la finalidad de disminuir la agresividad de éste.

El *peróxido de carbamida* presenta una concentración que varia del 5 al 22%, los cuales se usan en el blanqueamiento casero (pH alrededor de 6,5) y concentraciones a 35 ó 37 % que se usan en el “Inicio asistido para blanqueamiento” (pH alrededor de 5,5)³⁴.

2.2.6.1. Mecanismo de acción de los Agentes Blanqueadores

El proceso básico del blanqueamiento involucra una reacción de oxido-reducción, proceso químico conocido como redox ^{35, 36}, mediante el cual los materiales orgánicos son convertidos en dióxido de carbono y agua. Para que esta reacción ocurra es necesaria la presencia de un agente reductor y de un agente oxidante ³⁷

Agente oxidante

Corresponde al agente blanqueador, peróxido de hidrógeno, el cual puede actuar tanto como oxidante, ganando electrones y como reductor produciendo electrones; debido que presenta un carácter anfótero gracias a su grupo O₂. Sin embargo, en el proceso del blanqueamiento su acción es como oxidante, al tener radicales libres con electrones no apareados correspondientes al oxígeno, los cuales comparte produciéndose su reducción.

El peróxido de hidrógeno corresponde a un compuesto sumamente inestable, presenta un peso molecular de 30gr/mol, siendo relativamente bajo, por lo que se difunde libremente a través del esmalte y la dentina, liberando radicales libres de oxígeno que atacarán las sustancias coloreadas, es decir al agente reductor ³⁶.

Agente reductor

Corresponde a la sustancia a blanquear, a compuestos con anillos de carbono altamente pigmentados, los que son abiertos y transformados en compuestos de carbono con ligación doble usualmente pigmentados de amarillo, los que al continuar el proceso son convertidos en grupos hidroxilos (tipo alcohol) que son generalmente incoloros.

Por lo tanto dependiendo de la coloración de los dientes el blanqueamiento puede comenzar oxidando compuestos con anillos altamente pigmentados o bien compuestos con cadenas de ligación doble, obteniéndose entonces el efecto blanqueador por la formación de compuestos incoloros y posteriormente una prolongación del proceso por el efecto residual y el efecto especular del oxígeno atrapado en la estructura dentaria.

Podemos describir la química del blanqueamiento dental, como un redox, en la cual el ingrediente activo del gel, el H_2O_2 , se encuentra inestable por lo que óxidos entran en el esmalte y dentina, aclaran las sustancias coloreadas, las cuales se abren más rápidamente a mayor concentración del ingrediente activo. Al aclarar se alcanza un punto en que sólo estructuras descoloridas están presentes, este es el punto de saturación, hasta este punto la estructura del diente no cambia, sólo altera su color.

El proceso es sumamente lento en esta fase, pero si continúa empieza a abrir los enlaces de carbono de proteínas, incluyendo a aquellas de la matriz del esmalte, y otros compuestas con carbono. Los componentes con los grupos hidroxilos (normalmente descoloridos) son rotos en partes más pequeñas. Existe una rápida pérdida de esmalte, siendo este convertido en anhídrido carbónico y agua, con la consiguiente pérdida de tejido dentario. Por lo tanto es crítico detener el proceso antes del punto de saturación sino la pérdida de material generará un diente quebradizo y de porosidad aumentada ³⁶

Es importante resaltar también que existe un fenómeno óptico en el cual el diente oscuro absorbe una mayor cantidad de luz por la presencia de cadenas moleculares largas y complejas en el interior de la estructura dental.

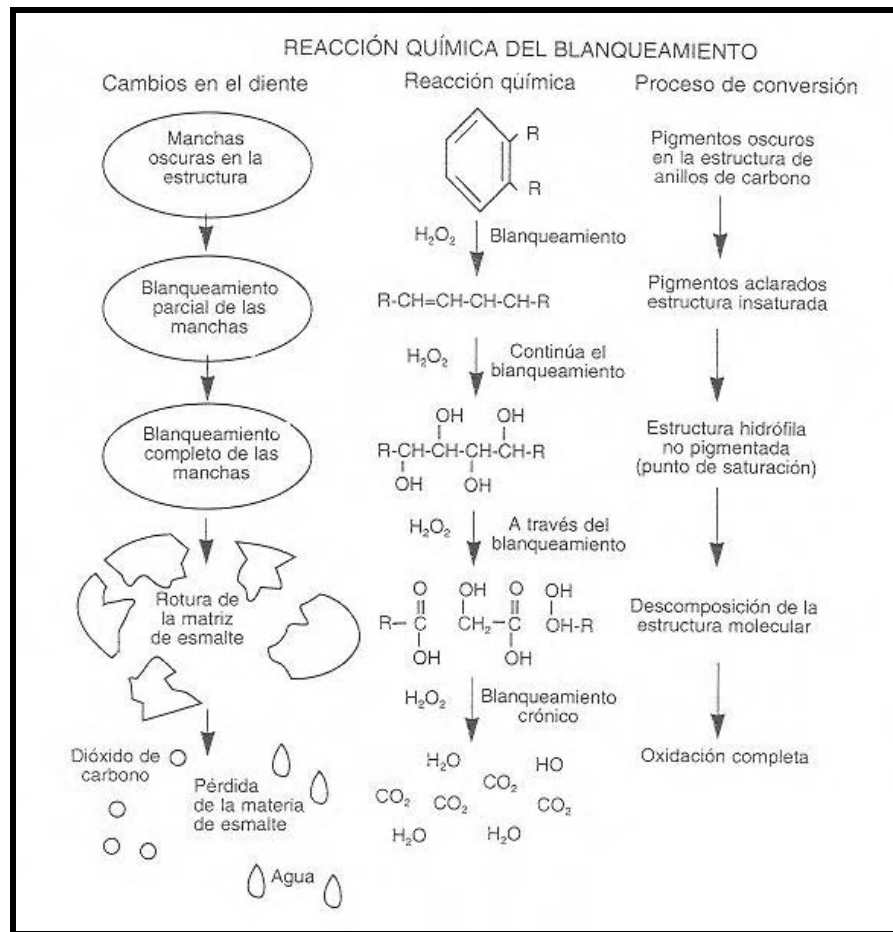
La acción del oxígeno es exactamente sobre estas moléculas, transformándolas en moléculas pequeñas y simples. Así, el diente refleja la luz generando una percepción óptica de una superficie más clara, es decir los dientes se ven más blancos ³⁷

El peróxido de hidrógeno es capaz de formar diferentes tipos de oxígeno activo, dependiendo de la temperatura, pH, luz y presencia de catalizadores. Una elevación de 10 °C en la temperatura ambiental dobla la velocidad de reacción y el proceso de blanqueamiento. El calor actúa como catalizador en la descomposición del agente blanqueador a productos oxidantes y aporta energía a la solución blanqueadora, haciendo más fácil su difusión expansional a la estructura dentaria ³⁵

Debido a su naturaleza química inestable, los agentes blanqueadores tienen una vida media corta. Para asegurar un efecto máximo deben usarse productos frescos. Deben almacenarse a temperatura baja y preferiblemente en contenedores que no permitan pasar la luz ³⁵.

Cuando el peróxido de carbamida del 10% al 15% entra en contacto con el agua (o saliva), se rompe en aproximadamente al 3% al 5% de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y de 7% al 10% de urea (CH_4N_2O); el peróxido de hidrógeno (H_2O_2) se disocia en agua (H_2O) y oxígeno (O_2), liberando el radical libre perodroxil (HO_2) por cortos periodos, mientras que la urea se descompone en amonio (NH_3) y dióxido de carbono (CO_2).

El amonio se combina con el agua creando NH_4OH , una sustancia alcalina que eleva el pH en la superficie del esmalte, compensando la acidez del peróxido de hidrógeno y tornando compatible el blanqueamiento casero ^{34, 1,38}



2.2.6.2. Principales agentes blanqueadores.

a) *Peróxido de Carbamida*

Los potenciales efectos secundarios del blanqueamiento con peróxido de carbamida son también menos severos que las complicaciones asociadas con el peróxido de hidrógeno al 35%³⁹ El uso de concentraciones bajas de peróxido de carbamida (10-16%) es recomendado sobre concentraciones altas (35%) para evitar cambios en el esmalte⁴⁰

Se ha demostrado que la concentración del agente blanqueador influye en la eficiencia del cambio de color ^{41,42,43} ya que las bajas concentraciones (5%) del peróxido de carbamida requieren más tiempo para obtener los mismos resultados que con altas concentraciones por tiempos cortos. ^{42,43} De todas maneras se debe ser prudente con las sustancias blanqueadoras porque hipotéticamente la concentración de 5% produce menos daño a los tejidos que las concentraciones de 16% ⁴³

b) Peróxido de Hidrogeno

El peróxido de hidrógeno puede ser usado en varias concentraciones, tanto para clarear dientes vitales como no vitales. Sin embargo es más utilizado en concentración de 30 – 35%. La reacción de la solución de oxido, que irán a penetrar en el esmalte, en los túbulos dentinarios, de esta manera propiciara el blanqueamiento.

El peróxido de hidrógeno al 30% presenta un alto poder de penetración en el esmalte y en la dentina debido a su bajo peso molecular y a su propiedad de desdoblar proteínas, lo que aumenta el movimiento de iones a través del diente facilitando la acción blanqueadora.

c) Perborato de Sodio

Puede ser utilizado puro o combinado con péroxido de hidrógeno al 30 – 35% obteniendo una pasta espesa, que deberá ser colocada dentro de la cámara pulpar como una curación; promueve un blanqueamiento interno continuo. Algunos profesionales prefieren usarlo puro para evitar “riesgos” con el empleo del peróxido de hidrógeno al 30% ³⁴.

d) Ozono

Es un gas hiperoxidante natural el cual es indicado para el blanqueamiento dental por el gran poder oxidante, tal como hacen los actuales tratamientos de blanqueamiento a base de geles de peróxido de hidrógeno y carbamida.⁴⁴

2.2.6.3. Clasificación y Métodos de Aplicación de agentes blanqueadores

Los métodos para aclarar los dientes se clasifican según el estado pulpar como blanqueamiento para dientes vitales y blanqueamiento para dientes no vitales³⁸

Blanqueamiento de dientes vitales

El procedimiento para aclarar los dientes vitales se puede realizar a partir de técnicas ambulatoria y de consultorio; la primera consiste en cargar una cubeta con peróxido de carbamida por unas horas en la noche durante varios días y la segunda usa el peróxido de hidrógeno al 35% durante 30 minutos. Algunos reportes describen que la aplicación de fuentes externas como lámparas de curado, láser y calor con la técnica de consultorio catalizan la reacción mejorando la eficiencia del procedimiento pero no su resultado final.³⁸

Blanqueamiento ambulatorio o Home bleaching

Este procedimiento fue desarrollado por Klusmier en 1960 y popularizado por Haywood y Heymann en 1989.³⁸

La técnica original, conocida también como blanqueamiento de autoplación domiciliar prescrito por el especialista, precisaba de la aplicación de solución de peróxido de carbamida al 10% que contenía carbopol (Carboxipolimetileno, B.F. Goodrich) durante 6-8 horas por la noche mediante férula nocturna de vinilo realizada de forma individualizada para el paciente.

Las mejoras, modificaciones y variaciones de la técnica clínica actual incluyen:

- a) El uso de férulas blandas hechas a medida (0.035 pulgadas, Sof-Tray, Ultradent)
- b) El uso de peróxido de carbamida al 5, al 10 o al 16 % o incluso a mayor concentración, o bien utilizar soluciones blanqueadoras a base de peróxido de hidrógeno entre el 1 y el 10%
- c) Aplicación de la solución durante uno o más intervalos de tiempo diarios
- d) Aumento de la cantidad de carbopol ⁴⁵

Esta técnica actualmente, consiste en cargar una cubeta de acetato blanda de 0.035pulgadas de grosor con el agente blanqueador y llevarla a la boca durante unas horas, generalmente en la noche. El agente blanqueador original de la técnica que actualmente se usa es el peróxido de carbamida en diferentes concentraciones como al 10%, 15%, 16%, 20% y 22%⁴⁶

La mayoría de los estudios indican que con dos semanas de tratamiento se puede lograr un aclaramiento clínicamente notorio y satisfactorio para el paciente sin la presencia de efectos secundarios considerables⁴⁷

Actualmente, los estudios coinciden en que la técnica de blanqueamiento ambulatoria es segura y predecible si se maneja adecuadamente y tiene ventajas tales como su facilidad de aplicación, el buen resultado en el cambio de color en el esmalte y dentina, su bajo costo y accesibilidad para la mayoría de la población.³⁸

Blanqueamiento en consultorio

Con peróxido de carbamida

En esta modalidad de tratamiento se utiliza el peróxido de carbamida en mayores concentraciones, 22% (Nite White), 35% (Opalescent Quick) y 37% (Whiteness Super). Teniendo en vista el riesgo de ocurrencia de efectos adversos debido a la mayor concentración, estos materiales deben ser utilizados solamente en el consultorio bajo el control constante del profesional.

La técnica en consultorio están indicadas para aquellos pacientes intolerantes para el uso casero de peróxido de carbamida al 10% y que desean un resultado a corto plazo. Manchas extrínsecas o debido al envejecimiento, así como los casos de manchados intermedios por tetraciclina responden satisfactoriamente solamente al blanqueamiento asistido, esta técnica puede ser asociada al blanqueamiento casero en los casos de mayor severidad del manchado.

Durante el planeamiento del tratamiento blanqueador, el profesional puede utilizar cualquiera de las técnicas descritas

anteriormente e incluso asociarlas, según el grado de oscurecimiento y la tolerancia del paciente ¹.

Con Peróxido de Hidrógeno

Para la técnica de consultorio se ha usado por varios años peróxido de hidrógeno al 30 y 35%; pero la meticulosa preparación de los procedimientos necesarios y la imprevisibilidad de los resultados han limitado su popularidad ⁴⁸

2.2.6.4. Efectos Adversos del blanqueamiento

a) Sensibilidad de los dientes a la variación técnica

Esta sensibilidad parece estar enlazada a la concentración del producto del blanqueamiento y no de su pH; aunque el pH sea ligeramente ácido en el inicio del uso, aumenta por la disociación de los agentes de blanqueamiento que están expuestos al medio bucal ¹.

Esta sensibilidad se atribuye al peróxido de hidrógeno y la urea que atraviesan el esmalte y la dentina, pudiendo alcanzar la pulpa, lo que provoca discreta inflamación que disminuye rápidamente ⁴⁹. Muchas veces, el uso de una dieta muy ácida durante el blanqueamiento es responsable por el aumento de este tipo de sensibilidad. Otro motivo para la persistencia de esta sensibilidad ocurre cuando el paciente presenta dentina expuesta por retracción gingival y/o abrasión, erosión, abfracción.

En general la disminución del tiempo de uso o la interrupción temporal del tratamiento blanqueador permite la remisión de la sintomatología clínica.

Al final del tratamiento esta sensibilidad desaparece y podemos acelerar la mejora con la aplicación de flúor neutro incoloro en el

mismo molde y/o también recomendar el uso de cremas dentífricas que contiene nitrato de potasio ¹.

Los estudios demuestran que esta sensibilidad es mínima y no hay diferencia significativa en la sintomatología con las variaciones de concentración del agente blanqueador^{42, 50}

Se ha demostrado una efectividad en la sensibilidad dentaria del agente blanqueador peróxido de carbamida al 10% que contiene nitrato de potasio y fluoruro de sodio ⁵¹

b) Irritación del tejido gingival

Frecuentemente ocurre una ligera irritación del tejido gingival en el inicio del tratamiento. Para solucionar este efecto, se verifica si el molde tiene excesos recubriendo, los cuales están recubriendo los tejidos gingivales o está mal adaptado a los dientes de las regiones correspondientes a esta irritación. Se puede recortar el molde o incluso rehacerlo cuando el problema no se soluciona.

Al igual que la sensibilidad, la disminución del tiempo del uso o la interrupción temporal causa la remisión del cuadro clínico. En general, al terminar el blanqueamiento esta irritación desaparece ¹.

c) Materiales restauradoras

Los agentes blanqueadores no alteran el color de los materiales restauradores estéticos, como: resina compuesta y porcelana, porque actúa blanqueando exclusivamente la estructura dental ¹.

d) Desmineralización significativa del esmalte, debilitamiento dentario, porosidad

La probabilidad de desmineralización del diente, estudios in Vitro han demostrado que la microdureza del esmalte y dentina disminuye al ser tratados con Peroxido de Hidrógeno al 30%, asociados a dicha desmineralización. Algunos autores minimizan esa posibilidad ya que su bajo pH presenta poca acción por la inestabilidad de Peroxido el cual se descompone con facilidad; existe un consenso en que las soluciones con un pH menor a 5.2-5.8 proporciona cierto grado de desmineralización ³⁶

La desmineralización puede atribuirse en dentina a la eliminación excesiva de la dentina pigmentada. Pues el efecto blanqueador se logra por un redox de los pigmentos existentes en dentina y no por remoción de la dentina coloreada.

La frecuencia del blanqueamiento se considera un factor importante en la desmineralización ya que un número excesivo de blanqueamiento supera el punto de saturación con la consiguiente alteración dentaria ³⁶

El peróxido de carbamida se degrada en peroxido de hidrógeno, la cual se disocian en agua y oxígeno, en urea la cual se disocia en dióxido de carbono y amonio. Arends y col describieron que la úrea era capaz de penetrar en el esmalte afectando las regiones interprismáticas. Así la úrea puede contribuir a los cambios estructurales y a la dureza del esmalte. Sin embargo, puede promover efectos secundarios beneficiosos debido a la propiedad alcalina de la úrea que levanta la concentración del pH producido por el ión de Hidrógeno de la solución blanqueadora y reduce los efectos adversos.

Los agentes blanqueadores de dientes vitales que contienen peróxido, los cuales son una mezcla de diversos ingredientes,

producen un efecto específico sobre el esmalte a pesar de su pH casi neutral, en contraste otros informes han demostrado que la neutralidad de los agentes blanqueadores es una característica importante para evitar la aspereza de la superficie del esmalte ⁵²

Altas concentraciones de peróxido de carbamida puede promover alteraciones en la superficie del esmalte. La aspereza superficial y la susceptibilidad a la pigmentación también se pueden ver afectada dependiendo del agente blanqueador ⁵².

e) Disminución de la fuerza de unión de las restauraciones al diente

Existe una reducción del potencial de adhesión para las restauraciones realizadas justo después del término del tratamiento blanqueador. Para explicar este hecho, se puede encontrar dos teorías.

La primera teoría es la ***Residual*** se relaciona con el aumento de la cantidad de oxígeno en la estructura dental durante el tratamiento blanqueador, debido que el oxígeno es inhibidor de la polimerización de los sistemas adhesivos y resinas compuestas ^{1, 18}; por otro lado esta la segunda teoría ***Estructural*** que demuestra que durante el proceso blanqueador no existe una alteración en la concentración del oxígeno presente en la estructura dental, sino una alteración morfológica de esta estructura por una pérdida de minerales ¹. Existen algunos estudios que relacionan alteraciones en la morfología del esmalte con la disminución de la fuerza de adhesión usando peróxido de carbamida 10% ^{19, 4, 53}, en contraste existe un estudio por Giannini y col, donde observaron que los cambios en la morfología del esmalte fueron reducidos cuando de usó peróxido de carbamida 10% conteniendo flúor o calcio ⁴

Estudios previos han demostrado que el agente blanqueador peróxido de carbamida al 10% afecta la fuerza de adhesión de la resina a un esmalte grabado cuando la adhesión es realizada inmediatamente después del blanqueamiento ^{54, 21} por ello se recomienda una espera de siete a catorce días para la realización de la restauración definitiva del diente ^{55, 5, 56}, otros estudios afirman que se requiere 3 semanas para que la fuerza de adhesión resina-esmalte retorne a los valores normales obtenidos por un esmalte no blanqueado⁵⁷

Los efectos adversos de la adhesión también depende del tipo de sistema adhesivo, un estudio demostró que no hay diferencias significativas en la fuerza de adhesión usando Optibond (base alcohol) entre esmalte blanqueado y no blanqueado sin embargo la fuerza de adhesión de la resina al esmalte blanqueado cuando se usó All-Bond o One Step (base acetona) fue significativamente más bajo que el esmalte no blanqueado. ¹⁷

e) Duración del blanqueamiento dental obtenido.

El blanqueamiento obtenido no es permanente, y hay la necesidad de un nuevo tratamiento después de 1 a 3 años. No obstante, el nuevo tratamiento requiere menos tiempo que en el primer blanqueamiento ¹.

2.2.7. Flúor

Es un elemento no metal, clasificado dentro de la categoría de los halógenos, que a temperatura ambiente se encuentra en estado gaseoso. El flúor posee la propiedad de ser el elemento conocido más electronegativo, debido a lo cual en la naturaleza

siempre se lo encuentra en asociación con otras sustancias con las que forma diferentes tipos de compuestos.

Generalmente, el flúor estará bajo la forma de su ión fluoruro (F^-); sin embargo, puede adoptar la forma de F_2H^- o FH no disociado, bajo la influencia de la concentración iónica y del pH de la solución. En las soluciones diluidas a pH neutro prácticamente todo el flúor se encuentra en forma de iones F^- . A medida que disminuye el pH de la solución, los iones F^- desaparecen progresivamente y son reemplazados por iones F_2H^- o FH no disociados.

Aproximadamente el 99% del fluoruro presente en el organismo se encuentra en los tejidos calcificados. La afinidad selectiva del fluoruro por los tejidos mineralizados se debe, en el corto plazo, a los procesos de intercambio isoiónico y heteroiónico en los cristales.

El fluoruro está presente en la saliva en concentraciones que oscilan entre valores indetectables de 0.01 y 0.05ppm, sin embargo la saliva no está en contacto directo con los dientes y el fluoruro debe pasar primero por la placa, en donde se concentra; las concentraciones de fluoruro en placa oscilan entre 5 y 60ppm.

El fluoruro puede provenir del cristal en disolución, del fluido intercristalino, de la placa, de la saliva o del precipitado del fluoruro de calcio ubicado sobre la superficie adamantina

El principal efecto de los fluoruros, sea cual fuere la vía de administración, es su capacidad de intervenir en el proceso de desmineralización y remineralización del diente. Actualmente se sabe que los mecanismos cariostáticos principales es la inhibición de la pérdida del mineral en las superficies cristalinas y el aumento de la reconstrucción de los cristales de calcio y fosfato,

es decir una modulación en los procesos de desmineralización-remineralización ⁵⁸

2.2.8. Mecanismos de acción del Fluoruro en el esmalte

2.2.8.1. Disminución de la solubilidad del esmalte

La parte mineral de los dientes está formada principalmente por hidroxiapatita cálcica carbonatada esta difiere de la hidroxiapatita cálcica por presentar parte del fosfato sustituido por el ión carbonato. La hidroxiapatita cálcica carbonatada es más soluble que la hidroxiapatita cálcica especialmente en medio ácido, aunque algo insoluble a pH mayores a 7, la hidroxiapatita cálcica carbonatada se hace cada vez más soluble a medida que el pH disminuye ⁵⁹

Durante la remineralización los grupos carbonatos son excluidos, en consecuencia el nuevo cristal re-mineralizado es menos soluble que la apatita carbonatada original lo cual hace que el pH crítico para disolver estos cristales nuevos sea de 4.5 y no 5 ⁵⁹.

Los fluoruros actúan reduciendo la solubilidad del esmalte por simple acción dinámica del medio líquido entre el fluido de la placa y el esmalte, la capa del esmalte al entrar en contacto con el ión, fracciona con este formando fluoruro de calcio.

A partir de este precipitado de CaF_2 se producen intercambios más profundos del fluoruro con la hidroxiapatita donde por diversos mecanismos de intercambio, recristalización, crecimiento de cristales y absorción, los oxidrilos son reemplazados por el fluoruro formándose fluorapatita, compuesto estable y

permanente que aumenta significativamente la resistencia del esmalte durante la desmineralización.

Hace unos años se pensaba que las partículas CaF_2 que se formaban en el esmalte se perdían a las 24 horas, actualmente se saben que son mantenidas por periodos extensos de tiempo liberando flúor durante ciclos de disminución del pH en la placa dental; es así que Ogaard y col. En 1994 concluyeron que el CaF_2 puede servir como fuente de fluoruro para la formación de fluoropatita ⁶⁰

Entre las formas posibles en las que el fluoruro puede disminuir la solubilidad del esmalte se mencionan ⁶¹:

- El flúor entra a la apatita del esmalte durante la formación a expensas del carbonato y se cree que si la concentración es baja, la solubilidad se reduce. Silverstone y col. Definieron la remineralización en forma muy amplia diciendo que el proceso es cualquier modificación de las estructuras del diente incluyendo dentina y cemento lo que ocurre por intermedio de la concentración de minerales en el interior de los tejidos duros dentales previamente desmineralizados ⁶². Se ha comprobado que la remineralización esta vinculada a un aumento de tamaño de los cristales del esmalte y por consiguiente de la resistencia a la caries ^{61, 63}
- Tras el contacto de un azúcar el pH de la placa disminuye a medida que las bacterias entran en contacto con esta y lo transforma en un ácido. En pocos minutos, el pH de la placa puede disminuir hasta 4 o menos. Mientras la placa permanece en este entorno ácido ocurre el proceso de desmineralización y fluido se hiposatura respecto a dicho mineral del diente ocurriendo así la disolución del esmalte; por el contrario cuando el pH aumenta la placa se hipersatura con

respecto a dicho mineral y ello hace que el esmalte capte estos iones en la zona desmineralizada

El factor más importante para controlar el curso de la reacción es la concentración de F^- , debido principalmente a que la hidroxiapatita es un poco menos soluble que el CaF_2 . Así, la fluoropatita puede formarse en la reacción con F^- en bajas concentraciones, pero con concentraciones más altas hay la posibilidad de la precipitación de CaF_2 tomando en cuenta que la solubilidad del producto se ha excedido.⁶⁴

2.2.8.2. Remineralización del esmalte

Debido a los estudios existentes, podemos decir que tanto el proceso de desmineralización como el de remineralización dental se encuentran íntimamente ligados, aunque no son concomitantes y desde el punto de vista científico se basan en mecanismos opuestos, este proceso es considerado un ciclo continuo.⁶⁰

La desmineralización del esmalte puede darse por ataque de ácidos (Ej. ingesta de alimentos) o por pérdida de minerales (Ej. blanqueamiento); mientras la remineralización es un proceso de precipitaciones de calcio, fosfato y otros iones en la superficie o dentro del esmalte parcialmente desmineralizado, estos iones pueden proceder de la disolución del tejido mineralizado, de una fuente externa o combinación de ambos.⁶⁵

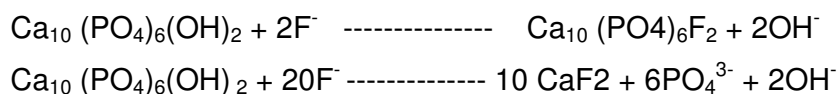
Desde el punto de vista biofísico y químico el proceso de remineralización es el transporte activo y efectivo de iones minerales del medio externo o bucal hacia la lesión inicial o incipiente modificable por el índice de saturación mineral, el pH y la placa bacteriana.⁶⁰

El mecanismo de remineralización se iniciaba una vez que el pH del medio local se estabiliza (neutro o ligeramente alcalino). Evidentemente es necesaria la presencia de compuestos fluorados de origen intrínsecos o extrínsecos como ya se ha mencionado, los cuales actúan simulando los sistemas de transporte activo y pasivo de sustancias minerales del medio externo hacia la estructura dental; durante el proceso de remineralización el flúor se difunde al interior del esmalte, primero a través de la sustancia interprismática y desde ella al cristal a través de la matriz orgánica que la rodea. Esto fue demostrado por Koulonder y Reed (1964) quienes describieron como el flúor aumento el proceso de re mineralización y Silverstone en 1977 detalló cambios histológicos en la lesión; una vez que el flúor entra en contacto físico químico con la estructura dental, interactúan con los grupos OH de la hidroxiapatita transformándolo generalmente en fluoropatita esto depende de la concentración del flúor; a través de esta vía, aumenta el gradiente interno de compuestos minerales⁶⁰

La concentración de Flúor entre 200 y 500 mg/lit (200-500ppm) solo forma fluoropatita; a concentraciones más altas forma además fluoruro de calcio, la fase predominantemente es más de 2g/lit (2000ppm)⁶⁴

Por sustitución el ión fluoruro tiene aproximadamente el mismo tamaño y la misma forma que el ión hidroxilo, por ello puede intercambiarse isomórficamente con éste sin dificultad, esta sustitución es estadística, en el sentido de que en algunos cristales de apatito la sustitución puede ser completa, mientras que en otros casos pueden existir cristales mixtos, por ejemplo $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OHF})$ ⁶⁶

Las reacciones pueden describirse como ⁶⁴ :



Existe un equilibrio entre la hidroxiapatita y fluorapatita y la concentración de sus iones en el medio. Cuando esta concentración supera un cierto nivel, se produce una precipitación de sus iones en disolución. Si por el contrario, la concentración de iones en los fluidos que rodean al esmalte disminuye, los compuestos apatíticos se disuelven y liberan iones al fluido, para equilibrar de nuevo las concentraciones ⁶⁵

2.2.8.3. Acción de los fluoruros sobre las bacterias cariogénas

El ión fluoruro actúa alterando la adherencia, el crecimiento y el metabolismo de las bacterias y, por lo tanto, disminuye la cantidad de ácido presente en el medio. La acción del fluoruro sobre la célula bacteriana está influida por el pH ambiental y por la concentración del ión.

Las acciones que ejercen sobre el microorganismo son las siguientes:

- Inhibición del crecimiento
- Modificación del metabolismo de los carbohidratos
- Detención de la síntesis de macromoléculas
- Inhibición de la adherencia bacteriana ⁵⁸

2.2.9. Agentes Blanqueadores con fluoruro

El fluoruro es comúnmente agregado en algunas marcas de gel de peróxido de carbamida para limitar la permeabilidad del tejido dentario y por lo tanto la penetración del peróxido de hidrógeno, reduciendo así la sensibilidad dentaria inducida por el blanqueador en algunos individuos ⁶⁷

Debido al uso de enjuagatorios fluorados ($0.05\%F^-$), los cuales han demostrado que restauran los tejidos dentales ablandados ⁶⁸ y que existe una remineralización por la aplicación del flúor tópico ($2.23\%F^-$, $0.2\%F^-$) en un esmalte que ha sido previamente blanqueado ⁶⁹, se podría suponer que el flúor incorporado en el agente blanqueador puede producir en el esmalte un incremento en la resistencia a la desmineralización, sin inhibir la capacidad del blanqueamiento del peróxido; como lo han demostrado estudios donde la adición del flúor en el gel blanqueador no influye significativamente en la capacidad blanqueadora ^{67, 3}, incluso puede mejorar las propiedades de remineralización ³; existe un estudio donde el uso de un gel blanqueador PC10% fluorado ($0.5\%F^-$) con pH neutro disminuye el grado de superficie reblandecida comparándola con otros geles investigados que no tenían el ión flúor incorporado y tenían pH bajos ¹¹ ; otros estudios demuestran que el uso de estos blanqueadores con fluoruro (0.5% y 0.2%) disminuye la microdureza del esmalte ^{11,14} también existe un estudio de Giannini y col donde demuestran que el agente blanqueador fluorado (0.5% y 0.2%) preserva la fuerza de adhesión

2.2.10. Test de microtensión

La tensión es la resistencia interna del cuerpo en términos de fuerza por unidad de superficie, es decir la unidad de tensión que frecuentemente es en megapascuales (MPa) equivale a la unidad de fuerza (F) en relación con la sección transversal (A).

Dado que no es fácil medir la resistencia interna a las fuerzas aplicadas, se opta por medir la fuerza externa (F) en relación con la sección transversal (A), que puede equivaler a la tensión; la cual es medida mediante un test llamado test de microtensión⁷⁰

Este test fue desarrollado hace más de una década por Sano, permite evaluar la resistencia adhesiva en áreas muy pequeñas (0.5 a 2mm²), de esta manera se obtienen datos de fallas exclusivamente adhesivas, permitiendo un análisis real de la resistencia de unión entre el material y la estructura dentinaria⁷¹

Es un test relativamente simple para entender e interpretar y es posiblemente el más útil. En este test una muestra del material a estudiar es tensionado (estirado) en una dirección axial en un probador de tensión. El test es realizado con una tensión promedio constante, y la carga es medida de un *Load cell*. La elongación correspondiente a la aplicación de la carga que es medida simultáneamente, la cual puede ser hecha de varias maneras, posiblemente las medidas involucradas de la separación del *moving crosshead*²²

La interpretación de los resultados de los test de microtensión se basan en la teoría de Griffith (1920) que demostró que la resistencia cohesiva de los cuerpos disminuye con el aumento del volumen del área de sección transversal eso se debe a que los especímenes de mayores dimensiones contienen más defectos estructurales que los de menor área.

La interfase adhesiva no es uniforme debido a irregularidades de superficie, presencia de burbujas y variaciones del procedimiento al aplicar el adhesivo. La menor resistencia adhesiva encontrada en áreas adhesivas mayores se debe a que presentan una mayor cantidad de defectos, tanto en la interfase y en los sustratos, determinando puntos de concentración y propagación de tensiones que causan fallas de unión en valores inferiores.

Una de las ventajas del test de microtensión es la posibilidad de determinar fallas exclusivas de la interfase adhesiva permitiendo un análisis real de la resistencia de unión entre el material y la estructura dentaria. Además es posible obtener varios especímenes de un mismo diente, permitiendo realizar comparaciones intra e interdientes, la posibilidad de evaluar áreas diminutas favorece la medición de la resistencia adhesiva en sustratos clínicamente relevantes como el esmalte y la dentina; finalmente el reducido tamaño de los especímenes facilita el análisis de las superficies con microscopía electrónica de barrido ⁷²

2.3. Planteamiento del problema

La estética dental busca el embellecimiento de los dientes en distintas formas y posibilidades, una de ellas es el blanqueamiento dental el cual es uno de los procedimientos estéticos más solicitados de la odontología moderna, por la gran demanda que existe en el mercado, por ello también han aparecido numerosas formulaciones de productos blanqueadores, convirtiéndose de este modo en un procedimiento común en la odontología, sin embargo el difícil acceso a la información en nuestro medio han provocado el uso indiscriminado de las sustancias y técnicas de blanqueamiento.

El blanqueamiento dental es la alternativa más conservadora entre los tratamientos estéticos, consiste en la aplicación de sustancias altamente oxidantes para la eliminación de manchas o coloraciones de origen extrínseco o intrínseco mediante productos químicos oxidantes, considerándose un procedimiento simple y económico.

Hace poco más de una década se viene usando el peróxido de carbamida en diversas formulaciones la cual es recomendado por el profesional y aplicado por el mismo paciente (blanqueamiento domiciliario o casero) mediante férulas especiales y por un tiempo determinado. Este peróxido de carbamida junto con el peróxido de hidrógeno, vienen siendo los agentes blanqueadores más usados en la actualidad indistintamente de la técnica que se emplea.

A pesar de considerarse un procedimiento conservador, estos agentes oxidantes presentan diversos efectos adversos, los cuales pueden producir alteraciones en los tejidos dentales o tejidos blandos orales circundantes; sobre estos efectos adversos hay controversia, pero existe un consenso en cuanto al uso racional y responsable de los mismos, así como la elección adecuada del producto blanqueador sometido a investigación ; son ambos los parámetros que nos asegurarán el éxito en el tratamiento, que conlleva a la ausencia o minimización de los posibles efectos adversos.

2.4. Formulación del problema

¿Cuál es la fuerza de adhesión de un sistema adhesivo a la superficie del esmalte blanqueado con peróxido de carbamida al 10% con flúor y sin flúor?

2.5. Justificación

- Actualmente existe en el mercado diversos agentes blanqueadores, por la gran demanda de tratamientos estéticos, por ello es importante evaluar los agentes blanqueadores que van apareciendo, algunos de ellos contienen en su composición otros elementos como el flúor que se ha incluido con la finalidad de disminuir la sensibilidad, pero poco se sabe que alteraciones podría producir el flúor incorporado en el blanqueador sobre la fuerza de adhesión de una resina compuesta a la superficie de esmalte.
- Existe pocos estudios de la fuerza de adhesión de una resina compuesta a la superficie de esmalte tratado con agentes blanqueadores que en su composición presentan elementos adicionales como el flúor.
- Para mejorar la calidad de las restauraciones donde se usan resinas compuestas sobre una superficie de esmalte previamente blanqueado. La calidad de estas restauraciones mejora, si se evita o se reduce la disminución de la fuerza de adhesión después de un blanqueamiento.
- Para evitar prolongar el tratamiento restaurador en el esmalte luego de haber sido tratado bajo un régimen de blanqueamiento. Tales restauraciones son: restauraciones con resina compuesta a nivel del esmalte que se realizan debido a una caries superficial; carillas de resina en el sector anterior; resinas que se colocan a la superficie de esmalte en las caras proximales de los dientes anteriores, para el aumento del ancho mesiodistal, esto se realiza algunas veces al final de un tratamiento ortodóntico, cuando existe una discrepancia dentoalveolar.

- Para conocimiento del odontólogo de la importancia que podría tener el flúor contenido en el blanqueador sobre la fuerza de adhesión, de esta manera evitar que se uso indiscriminadamente un agente blanqueador con flúor o sin flúor.

2.6. Objetivos de la investigación

Objetivo General:

Evaluar la fuerza de adhesión de un sistema adhesivo a la superficie del esmalte blanqueado con peróxido de carbamida 10% con flúor y sin flúor

Objetivos Específicos:

- Medir la fuerza de adhesión de un sistema adhesivo a la superficie del esmalte blanqueado con peróxido de carbamida 10% sin flúor.
- Medir la fuerza de adhesión de un sistema adhesivo a la superficie del esmalte blanqueado con peróxido de carbamida 10% con flúor.
- Medir la fuerza de adhesión de un sistema adhesivo a la superficie del esmalte no blanqueado.
- Comparar la fuerza de adhesión de un sistema adhesivo a la superficie del esmalte blanqueado con peróxido de carbamida 10% sin flúor con la fuerza de adhesión de un sistema adhesivo a la superficie del esmalte no blanqueado.

- Comparar la fuerza de adhesión de un sistema adhesivo a la superficie del esmalte blanqueado con peróxido de carbamida 10% con flúor con la fuerza de adhesión de un sistema adhesivo a la superficie del esmalte no blanqueado.
- Comparar la fuerza de adhesión de un sistema adhesivo a la superficie del esmalte blanqueado con peróxido de carbamida 10% con flúor con la fuerza de adhesión de un sistema adhesivo a la superficie del esmalte blanqueado con peróxido de carbamida 10% sin flúor

2.7. Hipotesis

La fuerza de adhesión de un sistema adhesivo a la superficie del esmalte blanqueado con peróxido de carbamida al 10% con flúor es mayor que en la superficie del esmalte blanqueado con peróxido de carbamida al 10% sin flúor.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Tipo de estudio

Se diseñó el presente estudio de tipo transversal, experimental y comparativo.

- Es **Transversal**, debido a que las variables se estudian simultáneamente en un determinado momento para poder observar los cambios.
- Es **Experimental** debido a que se puede manipular el factor causal para la determinación posterior del efecto.
- Es **Comparativo** porque los datos serán comparados en base a la aplicación de la variable independiente.

3.2. Población y Muestra

3.2.1. Población:

Terceras molares humanas extraídas

3.2.2. Muestra:

- **Unidad de muestra**

Terceras molares humanas extraídas de pacientes de 18 a 25 años

- **Criterios de inclusión**

- Piezas dentales extraídas por razones ortodónticas (malposición dentaria o falta de espacio)
- Piezas dentales extraídas por razones periodontales
- Piezas dentales extraídas por razones protésicas.

- Piezas dentales que presenten ápice cerrado
- Piezas dentales que no presenten caries dental.
- Piezas dentales que no presenten líneas de fracturas en el esmalte
- Piezas dentales que no presenten manchas blancas extensas

○ **Tamaño de la muestra**

Se seleccionaron 9 terceras molares humanas divididas en 3 grupos obteniendo un total de 99 especímenes, de los cuales 33 especímenes corresponde al grupo control: no blanqueado, 33 especímenes al grupo I: blanqueado con peróxido de carbamida 10% sin flúor y 33 especímenes al grupo II: blanqueado con peróxido de carbamida 10% con flúor.

○ **Tipo de Muestreo**

No probabilístico intencional, debido a que la elección de la muestra depende de las características que el investigador elige.

○ **Unidad de análisis**

Especímenes compuestos por resina, una interfase adhesiva y esmalte dental.

3.3 . Operacionalización de variables

- **Variable dependiente:** Fuerza de adhesión a la superficie del esmalte

Variable	Concepto	Dimensión	Indicador	Escala	Categoría
<i>Fuerza de adhesión a la superficie del esmalte</i>	Es la tensión por unidad de área requerida para el rompimiento de la interfase adhesivo/ Adherente (esmalte).		Fuerza de adhesión medida en megapascuales (MPa)	Razón	0 MPa 1 MPa 2 MPa...............etc...

- **Variable independiente:** Peróxido de carbamida al 10%

Variable	Conceptualización	Dimensión	Indicador	Escala	Categoría
Peróxido de Carbamida 10%	Es un agente blanqueador de baja concentración que esta formado por peróxido de hidrógeno y úrea.		Concentración de flúor	Nominal	Peróxido de Carbamida 10% sin flúor Peróxido de Carbamida 10% con 0.11% de ión flúor

- **Variable interviniente:** Tiempo

3.4. Materiales

Instrumental Odontológico

- Pieza de alta velocidad
- Pieza de baja velocidad
- Contrángulo
- Lima N 20
- Tiranervio

Material odontológico

- Agente Blanqueador
(Opalescente al 10%, Opalescence PF al 10%)
- Acido grabador al 35% (Scotchbond)
- Sistema adhesivo (Adper Single bond 2)
- Resina de nanorelleno (Filtek Z 350, 3M)
- Jeringa 20ml
- Férulas de acetato
- Disco soflex
- Acrílico polvo y monómero
- Silicona pesada

Instrumental de laboratorio

- Microtensiómetro (Mycrotensile Tester BISCO)
- Incubadora
- Máquina de corte Isomed
- Congeladora
- Calibrador digital
- Lupa

Material de laboratorio

- Envases de vidrio
- Disco diamantado de doble cara activa (KG Sorensen)
- Cera roja
- Pegamento de cianocrilato
- Zappit (acelerador)

Químicos

- Saliva artificial
- Agua bidestilada
- Suero fisiológico

Infraestructura

- Un ambiente de consultorio

3.5. Procedimientos y técnicas

Obtención de la muestra:

Se seleccionó 9 terceras molares sanas, con ápice cerrado, las edades del paciente fluctuó entre los 18 a 25 años.

Las piezas se almacenaron en un recipiente de vidrio, con suero fisiológico, bajo refrigeración a -4°C; según la ISO ⁷³ solo se debe conservar por un máximo de seis meses luego de la extracción.

Preparación de la muestra:

Se confeccionó 3 bases de acrílico donde se colocaron los dientes, para ello primero se construyó bases de cera, luego se tomó impresiones de estas y se hizo un vaciado con acrílico termocurado.

Se formaron 3 grupos con 3 terceras molares cada uno:

- Grupo control: no se realizó el blanqueamiento

- Grupo I: se realizó el blanqueamiento con peróxido de carbamida al 10% sin contenido de Flúor (Opalescence)
- Grupo II: se realizó el blanqueamiento con peróxido de carbamida al 10% con contenido de Flúor al 0.11% y nitrato de potasio (Opalescence PF)

Para confeccionar las cubetas de acetato se tomó una impresión a cada arcada luego se hizo el vaciado para obtener los modelos de yeso, se alivió y se confeccionó las cubetas de acetato de espesor de 0.19mm en una máquina de vacuo.

Procedimiento de blanqueamiento

Antes de proceder con el blanqueamiento se realizó un corte aproximadamente de 3mm debajo de la furca con un disco diamantado de doble cara activa (KG-Sorensen, Brasil) y se procedió a retirar el tejido pulpar con tiranervios y lima N 20 (Maillefer, swiss), la cámara pulpar fue lavada con agua bidestilada; luego se preparó la pieza dental desgastando 0.5mm aproximadamente del esmalte con discos sofex en la cara vestibular y palatina o lingual, este desgaste se realizó con la finalidad de obtener una superficie plana la cual ayuda en el cálculo del área adhesiva y en el test de microtensión; este desgaste se realizó perpendicular al piso y con una irrigación constante con agua bidestilada, se hizo una previa limpieza del esmalte con una pasta de piedra pómez tamizada con una escobilla de profilaxis; después se realizó el blanqueamiento con peróxido de carbamida 10% sin flúor (Opalescence) al grupo I y peróxido de carbamida 10% con contenido de flúor al 0.11% (Opalescence PF) al grupo II por 6 horas diarias durante 14 días, almacenando los dientes durante los días de blanqueamiento en saliva artificial (1g sodium carboxymethylcellulose, 4.3g xylitol, 0.1g KCl, 0.1g NaCl, 0.02 mg NaF, 5mg MgCl₂, 5mg CaCl₂, 40mg

K₂HPO₄, 1mg potasium thiocynate y 100mg distilled deionized water) a 37°C, la saliva artificial fue cambiada cada 3 días.

Procedimiento de adhesivo

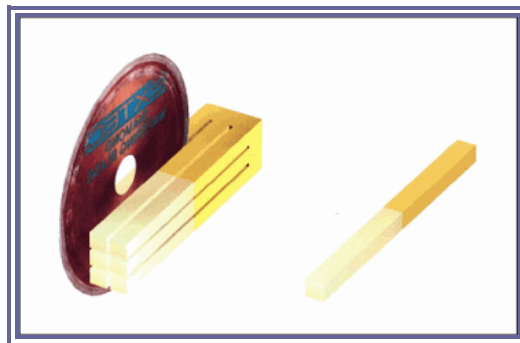
Para controlar la variable interviniente se colocó luego de una semana del blanqueamiento el composite (Filtek 350, 3M), previamente se cortó el diente por la mitad en sentido mesiodistal, seguidamente se procedió al grabado ácido del esmalte en la superficie vestibular y palatina o lingual con ácido fosfórico al 35% (scotchbond) por 15 segundos, para luego colocar el adhesivo (Single bond 2) y después colocar la resina (filtek Z 350) construyendo de esta manera un cubo de resina de 5x5mm y con una altura de 3mm aproximadamente, esto fue construido en las superficies de adhesión preparadas a través de una aplicación secuencial de 1 a 2mm de capas del material, cada uno fotocuradas por 40 segundos; seguidamente se colocó la resina en el lado opuesto de la pieza que cubra toda la estructura del diente mesiodistalmente y oclusogingival con 2 mm de altura el cual sirvió como soporte. Todas las piezas dentales fueron almacenadas en saliva artificial 24 horas a 37°C.



Obtención de los especímenes:

24 horas después todas las piezas fueron fijadas en un bloque de acrílico autocurado (Vitacryl) de 15x15x6cm. Se realizó los cortes con la máquina de corte isomed (Buehler Ltd., Lake Bluff, IL), estos cortes fueron perpendiculares a la superficie de adhesión en forma horizontal y vertical, 4 cortes horizontales y 4 verticales; obteniendo especímenes de 10x0.8x0.8mm aproximadamente, luego fueron almacenadas en agua bidestilada a temperatura ambiente por 24 horas.

De acuerdo a la ISO ⁷³ la prueba de microtensión se puede realizar después de 24 H de haber hecho los cortes de los especímenes, tiempo suficiente para discriminar entre aquellos materiales que no resisten un ambiente húmedo.



Test de microtensión

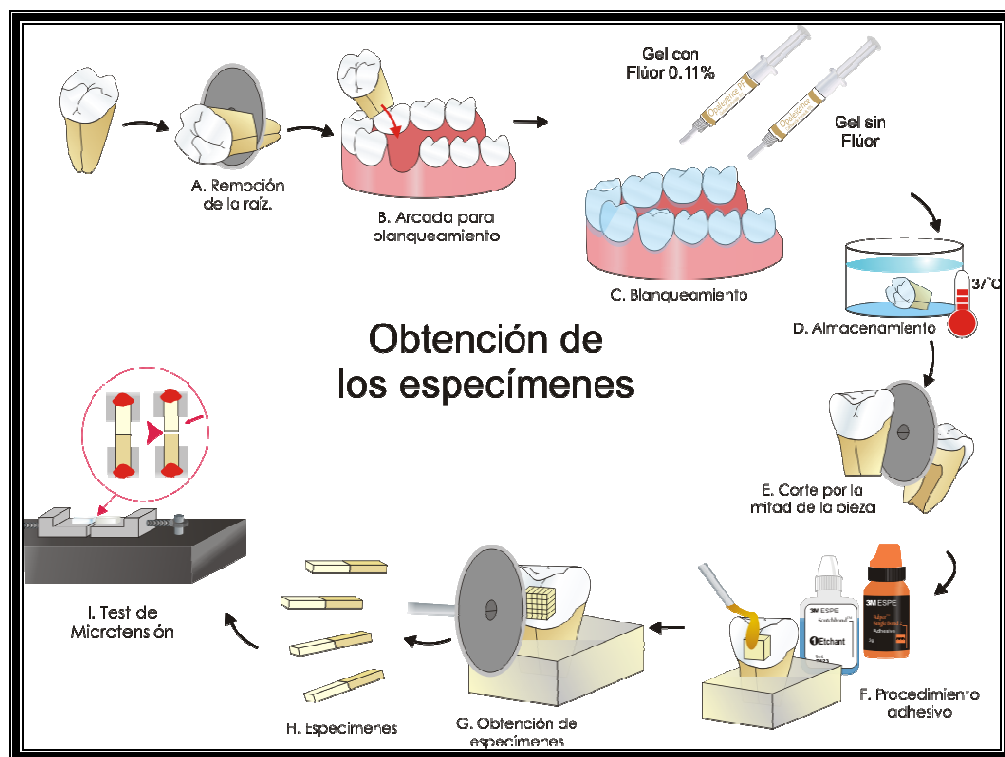
Los especímenes fueron almacenados por 24 horas en agua bidestilada, según la ISO ⁷³, luego cada espécimen fue fijado cuidadosamente en el dispositivo de prueba con cianoacrilato Zapit (Dental Ventures of America, Corona, CA) y analizados en una máquina de microtensión (Bisco, Schaumburg, IL) con una

fuerza constante a la velocidad de 0.5 mm/min hasta observar la fractura del mismo.

Para calcular la fuerza de adhesión se usa la siguiente formula:

$$FA = \frac{F \text{ (en Newtons)}}{\text{Área mm}^2}$$

Área = es la altura x ancho de la zona adhesiva
F= fuerza en newtons (microtensiómetro)



Materiales Utilizados			
Material	Nombre comercial	Composición	Fabricante (Lote)
Agentes Blanqueadores	Opalescence	Peróxido de carbamida 10%	ULTRADENT (082803)
	Opalescence PF	Peróxido de carbamida 10%, 0.11% ion fluoruro, 3% nitrato de potasio	ULTRADENT (052206)
Ácido	Scotchbond	Ácido fosfórico 35%.	3M
Sistema adhesivo	Adper Single bond 2	BisGma, HEMA, dimetacrilatos, canforoquinonas, etanol, agua, ácido poliacrílico itacónico, nanorelleno de sílice	3M (7 LC)
Resina	Filtek Z350	Bis-GMA, Bis-EMA, UDMA, TEGDMA, zirconio-silice, nanosílice, canforoquinonas	3M (7 BW/ 7BR)
*De acuerdo con los datos del fabricante			

3.6. Recolección de datos

Los datos se recolectaron en fichas de acuerdo a los grupos que se presentan en el estudio : control, grupo I (blanqueado con peróxido de carbamida 10% sin Flúor), grupo II (blanqueado con peróxido de carbamida 10% con Flúor). La fuerza de adhesión se calculó dividiendo la carga de la ruptura (fuerza en newton) entre el área adhesiva del espécimen.

Luego estos datos fueron analizados con el programa SPSS 15.0, se empleó el test de varianza unidireccional (ANOVA), $\alpha=0.05$ y el post test de Tukey buscando diferencias significativas entre la fuerza de adhesión de los grupos experimentales.

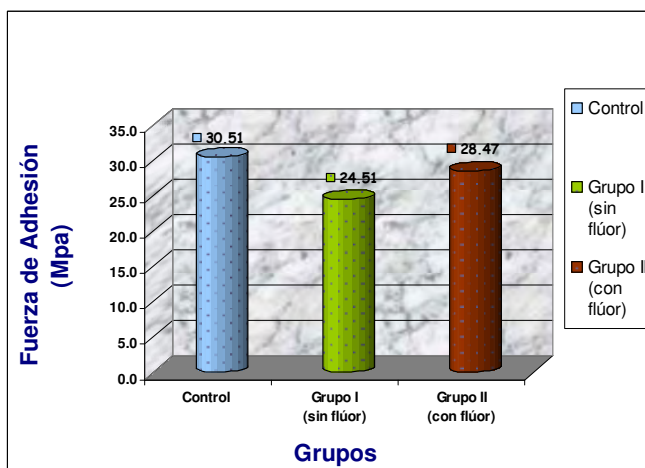
IV. RESULTADOS

Cuadro1. DESCRIPCIÓN DE VALORES DE LOS GRUPOS DEL ESTUDIO

<i>Medidas</i>	<i>Media</i>	<i>Desviación estándar</i>
Grupos		
Grupo I (blanqueado con PC10% s/F)	24.51	7.96
Grupo II (blanqueado con PC10% c/F)	28.47	5.89
Control (no blanqueado)	30.51	7.48

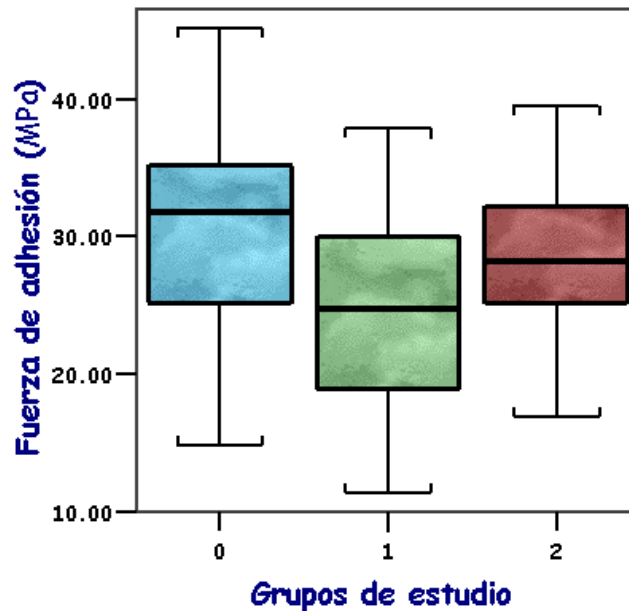
En el **cuadro 1**, se observa las medias aritméticas (promedios) y las desviaciones estandars de cada uno de los grupos de estudio: grupo I (blanqueado PC10% sin flúor)=24.51 MPa, grupo II (blanqueado PC10% con flúor)=28.47 MPa, control (no blanqueado)= 30.51MPa. Siendo el mayor valor del grupo control 30.51 MPa con una desviación estándar ± 7.48 y el menor valor del grupo I 24.51 MPa con una desviación estándar ± 7.96 .

Gráfico1. MEDIAS DE LA FUERZA DE ADHESIÓN DE LOS GRUPOS DE ESTUDIO



En el **gráfico 1** se observa el promedio de las fuerzas de adhesión de cada grupo de estudio: control (no blanqueado)= 30.51MPa, grupo I (blanqueado PC10% sin flúor)=24.51 MPa, grupo II (blanqueado PC10% con flúor)=28.47 MPa. Siendo el mayor valor del grupo control 30.51 MPa y el menor valor del grupo I 24.51 MPa.

Gráfico 2. VALORES DE LA MEDIANA DE LA FUERZA DE ADHESIÓN DE LOS GRUPOS DE ESTUDIO



En el **gráfico 2**, se observa que la mediana de la fuerza de adhesión en el grupo 0 ó grupo control (no blanqueado) es mayor; la mediana de fuerza de adhesión en el grupo 1 (blanqueado con peróxido de carbamida 10% sin flúor) es menor; el grupo 1 (blanqueado con peróxido de carbamida 10% sin flúor) tiene una mediana de fuerza de adhesión menor comparándola con el grupo control, el grupo 2 (blanqueado con peróxido de carbamida 10% con flúor) tiene una mediana de fuerza de adhesión ligeramente menor comparándola con el grupo control, y el grupo 2 (blanqueado con peróxido de carbamida 10% con flúor) tiene una mediana de fuerza de adhesión ligeramente mayor con el grupo 1 (blanqueado con peróxido de carbamida 10% sin flúor).

**Cuadro 2. ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL
(ANOVA ONE WAY O PRUEBA F)**

	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Media cuadrática</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
<i>Inter-grupos</i>	657.977	2	328.989	6.701	.002
<i>Intra-grupos</i>	4713.234	96	49.096		
<i>Total</i>	5371.212	98			

Para comparar la medias de la fuerza de adhesión entre los grupos de estudio, se realizó un análisis de varianza de un criterio de clasificación, encontrándose diferencia entre los grupos, es decir por lo menos dos grupos de estudio son significativamente diferente (F=6.701; p=0.02)

Cuadro 3. PRUEBA DE TUKEY

Grupos de estudio		Diferencia de medias	Error Típico	Significancia
PC10% s/F	Control	6.19606459(*)	1.72497153	.001
PC10% c/F	Control	2.04226442	1.72497153	.466
PC10% s/F	PC10% c/F	4.15380017(*)	1.72497153	.047

* La diferencia de medias es significativa al 5%

El análisis post Hoc mediante el test de Tukey confirma que el blanqueamiento con peróxido de carbamida 10% sin flúor a la superficie del esmalte produce una fuerza de adhesión significativamente menor comparándola con el grupo control ($X_{\text{control}}=30.51$, $X_{\text{pc10\%s/F}}=24.51$, $p=0.01$).

Del mismo modo se confirma que el blanqueamiento con peróxido de carbamida 10% con flúor a la superficie del esmalte produce una fuerza de adhesión significativamente mayor comparándola con un blanqueamiento con peróxido de carbamida 10% sin flúor a la superficie del esmalte ($X_{\text{pc10\%c/F}}=28.47$, $X_{\text{pc10\%s/F}}=24.51$, $p=0.047$)

También se confirma que el blanqueamiento con peróxido de carbamida 10% con flúor a la superficie del esmalte no produce una fuerza de adhesión significativa comparándola con el grupo control ($X_{\text{control}}=30.51$, $X_{\text{pc10\%c/F}}=28.47$, $p=0.466$).

V. DISCUSIÓN

El blanqueamiento dental es uno de los procedimientos estéticos más solicitados en la Odontología Moderna, es un tratamiento conservador pero a pesar de eso se debe tener en cuenta sus diferentes efectos adversos, uno de los cuales se da en la unión sistema adhesivo-esmalte; de la misma manera han aparecido en el mercado agentes blanqueadores que tienen en su composición el ión fluoruro, básicamente para reducir la sensibilidad dentaria, tal como lo demostró Apéstegui M.⁷ quien concluyó que los mayores cambios de la sensibilidad se obtuvo al cuarto día de la evaluación luego de haber usado como agente blanqueador Opalescence PF, pero poco se sabe de las alteraciones que podría causar en la unión sistema adhesivo-esmalte.

Por ello este estudio tiene como objetivo evaluar la fuerza de adhesión de un sistema adhesivo a la superficie del esmalte blanqueado con un agente blanqueador fluorado, para lo cual se recolectó terceras molares de las cuales se obtuvieron 99 especímenes formando 3 grupos: grupo control (no blanqueado), grupo I (blanqueado con PC10% sin flúor), grupo II (blanqueado con PC10% con flúor), luego se usó el Test de Microtensiómetro para determinar la fuerza de adhesión de cada especimen, esta prueba es considerada versátil y es un gran aporte para la ciencia de la adhesión; después de los análisis estadísticos la hipótesis del estudio fue validada.

Los resultados de este estudio demostraron que la fuerza de adhesión de un sistema adhesivo a la superficie del esmalte blanqueado con PC10% sin flúor (Opalescence) y a otro blanqueado con PC10% con flúor 0.11% (Opalescence PF) presentaron ambos una disminución comparándola con un esmalte no blanqueado. Sin embargo se observó que solo la fuerza de adhesión de un sistema adhesivo a la superficie del esmalte blanqueado con PC10% sin flúor presentó una diferencia significativa con respecto al esmalte no blanqueado, tal como lo demostraron Cavalli V y col.¹⁹ (2004), Giannini M y col.⁴ (2006), Silva y col.²⁰ (2005), Lai S.C.N y col.¹⁸ (2002), quienes usaron el mismo agente blanqueador del estudio, peróxido de carbamida al 10%,

pero otro sistema adhesivo, el Single Bond; otras investigaciones también usaron el mismo agente blanqueador del estudio pero con sistemas adhesivos como All Bond 2, One-Step y Heliobond vivadent ^{17,16}; también existen estudios que demostraron esta diferencia significativa colocando la resina inmediatamente después del blanqueamiento con PC10%²¹ y con PC15% ¹⁵

Asimismo la fuerza de adhesión de un sistema adhesivo a la superficie del esmalte blanqueado con PC10% con flúor al 0.11% es similar a la fuerza de adhesión de un sistema adhesivo a la superficie del esmalte no blanqueado, tal como lo demostraron Giannini M y col. ⁴ (2006) quienes trataron al esmalte humano con agentes blanqueadores en base a PC 10%, PC10% con 0.05%Ca, PC10% con 0.2%Ca, PC10% con 0.2% F, PC10% con 0.5%F concluyendo que los agentes blanqueadores en base a PC10% que contienen en su composición Ca o F pueden preservar la ultima fuerza de tensión después de un régimen de blanqueamiento; sin embargo este resultado difieren con los encontrados por Metz y col ¹⁵(2007) quienes concluyeron que el esmalte blanqueado con PC15% con flúor reduce significativamente la fuerza de adhesión cuando se coloca la resina compuesta inmediatamente después del blanqueamiento.

Finalmente el estudio demostró que la fuerza de adhesión de un sistema adhesivo a la superficie del esmalte blanqueado con PC10% con flúor es significativamente mayor comparándolo con la superficie de esmalte blanqueado con PC 10% sin flúor.

Estos dos últimos resultados del estudio demuestran que la incorporación del ión fluoruro en el agente blanqueador puede preservar la fuerza de adhesión de un sistema adhesivo a la superficie del esmalte, colocado la resina luego de un periodo de espera de 1 semana después de haber realizado el blanqueamiento, la cual duró dos semanas, a comparación de un agente blanqueador que no contenga flúor en su composición; probablemente esto se deba porque el ión fluoruro al actuar sobre la superficie del esmalte al mismo tiempo que el peroxido produciría un proceso de desmineralización provocado por el peroxido, y un proceso de remineralización provocado por el flúor; este ultimo se da cuando el ión

fluoruro ingresa a la estructura del esmalte simulando un sistema de transporte activo y pasivo, luego el ión fluoruro interactúa con los grupos OH de la hidroxiapatita formando fluoropatita, pero dependiendo de la concentración del flúor no solo se forma fluoropatita sino también fluoruro de calcio; independientemente que se forme fluoropatita o fluoruro de calcio va existir un aumento del gradiente interno de compuestos minerales; por tanto el ión fluoruro incorporado en el agente blanqueador provocaría un proceso de remineralización en el esmalte, tal como lo demostró Gladwell y col ³ (2006) quienes concluyeron que la adición del flúor a un sistema blanqueador dental mejora las propiedades de remineralización y que no afecta la eficacia del gel blanqueador.

Por lo tanto al mejorar las propiedades de remineralización en el esmalte que es blanqueado, se produce un aumento significativo de la resistencia del esmalte durante una desmineralización (blanqueamiento) la cual estaría favoreciendo a la fuerza de adhesión, debido a que esta se ve afectada cuando existe alteraciones morfológicas en la superficie del esmalte por pérdida de minerales.

Por los estudios revisados numerosos autores han reportado que el blanqueamiento del esmalte con peróxido de carbamida al 10% con o sin incorporación del flúor provoca alteraciones morfológicas en la superficie del esmalte, pérdida de minerales, además de una pérdida de microdureza, los cuales pueden afectar la fuerza de adhesión, una razón para ello se basaría en la *teoría estructural*, la cual afirma que las alteraciones en la superficie del esmalte que ha sido sometido a un régimen de blanqueamiento puede afectar la fuerza de adhesión disminuyéndola.

Dentro de los estudios revisados tenemos que el peróxido de carbamida al 10% es capaz de producir alteraciones leves en la superficie del esmalte, y la mayoría de estudios se han limitado a describir estas alteraciones a nivel de la textura: aumento de la superficie ablandada, rugosidades, microporosidades y cambios de la dirección de los prismas ^{11, 12, 33}. Sin embargo, otros estudios asocian estas alteraciones leves de la superficie del

esmalte con pérdida de microdureza ^{14,8,12,11}, pérdida de minerales como disolución de Ca ⁸ y pérdida de Flúor⁹.

Existen estudios que demuestran *pérdida de microdureza* en el esmalte tratado con peróxido de carbamida al 10% (PC 10%) después de un determinado periodo de blanqueamiento, como lo demostró Cimilla y Pameijer ⁸ (2001) que observaron que todos los grupos experimentales donde el esmalte humano fue blanqueado por PC 10% (Opalescence y Whiteness), PC 15% (Opalescence), PC16% (Nitewhite) tuvieron valores significativamente más bajos de dureza (Vickers) que en el grupo control donde el esmalte no fue blanqueado y solo algunos agentes blanqueadores incluyendo el PC10% causaron disolución de Ca del esmalte a través de la conversión de la hidroxiapatita; de la misma manera Franco C y col. ¹² (2004) demostraron una disminución significativa de los valores en Knoop de microdureza de la superficie del esmalte humano blanqueado con PC10% (Whiteness perfect y colgate platinum), peróxido de hidrógeno (PH) 7.5% (Day white 2Z), PC 37% (Whiteness Super), PC 35% (Opalescence Quick) y PH 35% (Whiteness HP) con el grupo control no blanqueado, incluso lo relacionaron con un aumento significativo de la rugosidad en la superficie del esmalte.

Existen otros estudios donde demuestran la *pérdida de minerales o disolución* de estos en el esmalte humano tratado con peróxido de carbamida al 10% bajo un régimen de blanqueamiento como lo demuestra Good DH y Col ¹³ (2004) quienes observaron una pérdida de minerales en la superficie del esmalte humano y un decrecimiento en la relación Ca/P sin embargo estos cambios no fueron significativamente diferentes; McCracken y Haywood⁶ (1996) observaron que los dientes humanos expuestos a PC 10% por 6 horas perdieron calcio. Sin embargo, la cantidad de perdida fue pequeña; también Burgamaier GM y col.⁹ (2002) demostraron que después del tratamiento con PC10% disminuye la concentración del flúor en el esmalte.

Dentro de los estudios revisados tenemos que el peróxido de carbamida al 10% con incorporación de flúor también es capaz de producir alteraciones leves en la superficie del esmalte, como Oliveira y col. ¹⁴(2005) quienes demostraron que a pesar de la adición de Ca o F en concentraciones de

0.05%, 0.2% y 0.2%, 0.5% respectivamente en los agentes blanqueadores de peróxido de carbamida al 10% , presentaron una pérdida significativa de microdureza (knoop) del esmalte humano comparándolo con un esmalte no blanqueado, pero también observaron que la pérdida de microdureza es menor (pero no significativa) en un esmalte blanqueado con PC10% con flúor que un esmalte blanqueado con PC 10%; también Attin T y col. ¹¹(2003) observaron que en el grupo control en el cual el esmalte de bovino no fue blanqueado reveló una pérdida de dureza significativamente más baja que los demás grupos experimentales tratados con PC10% con diferentes tipos de pH y concentraciones de flúor pero también se observó que la microdureza fue mayor (no significativa) en un esmalte blanqueado con PC10% con flúor que un esmalte blanqueado solo con PC 10% luego de cada ciclo de re-desmineralización; sin embargo existen otros estudios que difieren con lo anteriormente dicho como el de Metz y col ¹⁵ (2007) que concluyeron que el esmalte blanqueado con PC15% sin o con flúor no parece alterar la microdureza del esmalte humano, también Basting y col ¹⁰ (2003) a pesar que observaron una disminución en la microdureza del esmalte blanqueado con peróxido de carbamida al 20% con flúor al inicio, a los 49 días y 56 días de posblanqueamiento los valores sobrepasaron al grupo control que no fue blanqueado.

También hay estudios que evalúan el reblandecimiento de la superficie del esmalte como Attin T y col. ¹¹ (2003) que observaron en el grupo blanqueado con PC 10% con 0.5F y pH7 provoca una superficie de esmalte ablandada significativamente más baja comparándola con los demás grupos experimentales en los cuales el esmalte fue blanqueado con PC10% con 0.5F y pH5.7, PC10% y pH7, PC10% y pH5.7, es decir que el uso de un gel PC10% fluorado con pH neutro disminuye el grado de reblandecimiento de la superficie del esmalte comparándolo con otros geles investigados.

VI. CONCLUSIONES

De los resultados y análisis previos del estudio se puede concluir:

- La fuerza de adhesión de un sistema adhesivo a la superficie del esmalte blanqueado con peróxido de carbamida 10% sin flúor en valor es 24.51MPa.
- La fuerza de adhesión de un sistema adhesivo a la superficie del esmalte blanqueado con peróxido de carbamida 10% con flúor 0.11% en valor es 28.47MPa.
- La fuerza de adhesión de un sistema adhesivo a la superficie del esmalte no blanqueado en valor es 30.51MPa.
- La fuerza de adhesión de un sistema adhesivo a la superficie del esmalte blanqueado con peróxido de carbamida 10% sin flúor es menor significativamente que la fuerza de adhesión de un sistema adhesivo a la superficie del esmalte no blanqueado.
- La fuerza de adhesión de un sistema adhesivo a la superficie del esmalte blanqueado con peróxido de carbamida 10% con flúor 0.11% es similar que la fuerza de adhesión de un sistema adhesivo a la superficie del esmalte no blanqueado.
- La fuerza de adhesión de un sistema adhesivo a la superficie del esmalte blanqueado con peróxido de carbamida 10% con flúor 0.11% es mayor significativamente que la fuerza de adhesión de un sistema adhesivo a la superficie del esmalte blanqueado con peróxido de carbamida 10% sin flúor

- Bajo las condiciones de este estudio, después de un régimen de blanqueamiento dentario; la incorporación del flúor en el agente blanqueador preserva la fuerza de adhesión de un sistema adhesivo al esmalte blanqueado en comparación al agente blanqueador que no contiene flúor en su composición.

VII. RECOMENDACIONES

- Elevar el número de muestras (especímenes) para obtener un resultado más significativo de lo que queremos demostrar.
- Se sugiere realizar otros estudios utilizando blanqueadores en base a peróxido de carbamida con otras concentraciones que contengan en su composición el ión flúor.
- Se sugiere realizar otros estudios para determinar una concentración óptima de ión fluoruro en el agente blanqueador para preservar la fuerza de adhesión de esta manera tener mejores resultados clínicos.
- Se sugiere realizar estudios donde se coloca la resina al tejido dentario en intervalos de tiempos diferentes: al mismo día, al día siguiente, a la semana, a las dos semanas, para observar la variación de la fuerza de adhesión.
- Se sugiere realizar estudios con microscopía electrónica de barrido para determinar exactamente el tipo de fallas que se producen.
- Se sugiere realizar en la medida de lo posible un estudio in vivo controlando las distintas variables intervinientes

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alves R. Estética Odontológica. 1ra edición. Editorial Artes Médicas; 2003.
2. Haywood VB. History, safety and effectiveness of current bleaching techniques and application of the nightguard vital bleaching technique. Quintessence Internacional 1992; 23(7): 471- 88.
3. Gladwell J, Simmons D, Wright JT. Remineralization potential of a fluoridated carbamide peroxide whitening gel. Journal of esthetic and restorative dentistry. 2006; 18(4):206-12, discussion 212-3.
4. Giannini M, Silva A, Cavalli V. Effect of carbamide peroxide-based bleaching agents containing fluoride or calcium on tensile strength of human enamel. J Appl Oral Sci. 2006; 14(2): 82-7.
5. Petkova M. Efectos Clínicos y estructurales del blanqueamiento. Odontología Sanmarquina. 2004; 8 (1): 25-9.
6. McCracken MS, Haywood VB. Demineralization effects of 10 percent carbamide peroxide. Journal of Dentistry. 1996; 24(6):395-98.
7. Apéstegui Pinto, Marcia. Cambios de hipersensibilidad en dientes vitales durante el tratamiento de blanqueamiento con peróxido de carbamida al 20 por ciento, 3 por ciento de nitrato de potasio y 0.11 ión flúor (Opalescence PF) .Año 2000. Tesis para obtener el título de cirujano dentista.
8. Cimilli H, Pameijer CH. Effect of carbamide peroxide bleaching agents on the physical properties and chemical composition of enamel. American Journal of Dentistry. 2001; 14(2):63-6.
9. Burgmaier GM, Schulze IM, Attin T. Fluoride uptake and development of artificial erosions in bleached and fluoridated enamel in vitro. J oral rehabil. 2002; 29(9): 799-804.
10. Basting RT, Rodriguez AL, Campos M. The effects of seven carbamide peroxide bleaching agents on enamel microhardness over time. JADA. 2003. Vol 134:1335 – 42

11. Attin T, Kocabiyik M, Buchalla W, Hanning C, Becker K. Susceptibility of enamel surfaces to demineralization after application of fluoridated carbamide peroxide gels. *Caries Research*. 2003; 37(2): 93-9.
12. Pinto CF, Oliveira R, Cavalli V, Giannini M. Peroxide bleaching agent effects on enamel surface microhardness roughness and morphology. *Brazilian Oral Research*. 2004; 18(4):306-11.
13. Goo DH, Kwon TY, Nam SH, Kim HJ, Kim KH, Kim YJ. The efficiency of 10% carbamide peroxide gel on dental enamel. *Dental Materials*. 2004; 23(4):522-27.
14. Oliveira R, Paes Leme A, Giannini M. Effect of a carbamide Peroxide Bleaching gel containing Calcium or Fluoride on Human enamel surface microhardness. *Braz Dent J*. 2005; 16(2): 103-6.
15. Metz MJ, Cochran MA, Matis BA, Gonzalez C, Platt JA, Pund MR. Clinical evaluation of 15% carbamide peroxide on the surface microhardness and shear bond strength of human enamel. *Operative Dentistry*. 2007; 32(5):427-36.
16. Stokes AN, Hood JA, Dhariwal D, Patel K. Effect of peroxide bleaches on resin-enamel bonds. *Quintessence international*. 1992; 23(11):769-71.
17. Sung EC, Chan SM, Mito R, Caputo AA. Effect of carbamide peroxide bleaching on the shear bond strength of composite to dental bonding agent enhanced enamel. *J Prosthet Dent*. 1999; 82(5): 595-99.
18. Lai SC, Tay FR, Cheung GS, Mak YF, Carvalho RM, Wei SH, Toledano M, Osorio R, Pashley DH. Reversal of compromised bonding in bleached enamel. *Journal of Dental Research*. 2002; 81(7):477-81.
19. Cavalli V, Giannini M, Carvalho RM. Effect of carbamide peroxide bleaching agents on tensile strength of human enamel. *Dent Mater J*. 2004; 20(8):733-39.
20. Da Silva AP, de Oliveira R, Cavalli V, Arrais CA, Giannini M, de Carvalho RM. Effect of peroxide-based bleaching agents on enamel ultimate tensile strength. *Oper Dent*. 2005; 30(3):318-24.

21. Nour El-din AK, Miller BH, Griggs JA, Wakefield C. Immediate bonding to bleached enamel. *Oper Dent*. 2006; 31(1):106-14.
22. Van Noort, Richard. Introduction to dental materials. 2da edición. Editorial Mosby; 2002.
23. Schwartz R, James B, Summit, J. William Robbins. Fundamentos en odontología Operatoria un logro contemporáneo. 1ra edición. Actualidades Médico Odontológicas Latinoamericana; 1999.
24. Barrancos Money, Julio. Operatoria Dental Restauraciones. 1ra edición. Editorial Médica Panamericana S.A; 1993.
25. Hinostroza G. Adhesión en odontología restauradora. 1ra edición. Editorial MAIO; 2003.
26. Abreu R. Adhesión en odontología Contemporánea I. Portal de odontología Online. [consultado el 05 de marzo del 2007] <www.odontologíaonline.com/casos/part/RA/RA01/ra01.html>
27. Ernst CP, Marroquín BB, Willershausen-Zönnchen B. Effects of hydrogen peroxide-containing bleaching agents on the morphology of human enamel. *Quintessence international*. 1996; 27(1):53-6.
28. Justino LM, Tames DR, Demarco FF. In situ and in vitro effects of bleaching with carbamide peroxide on human enamel. *Operative dentistry*. 2004; 29(2): 219-25.
29. Pérez Vargas LF, Díaz Soriano AM, Aguirre Sueldo-Guevara M, Alcantara MENA C, Aguilar Arakaki R, Acedo Membrillo JE y col. Efecto del peróxido de carbamida sobre el esmalte dentario a diferentes concentraciones y tiempos de exposición (estudio in Vitro). *Odontología Sanmarquina*. 2004; 8 (1): 25-9.
30. Vargas O. Sistemas contemporáneos de adhesión en odontología. Portal Encolombia. [Consultado el 05 de marzo del 2007] <www.carlosboveda.com/Odontólogosfolder/odontoinvitadoold/odontoinvitado_35.htm>
31. Chain M, Baratieri L. Estética con resinas compuestas en dientes posteriores. 1ra edición. Editorial Artes médicas. 2001.

32. Ortega R. Estudio comparativo in Vitro de la resistencia al desgaste de 3 resinas compuestas de nanotecnología y 3 resinas compuestas convencionales. Santiago-Chile.2005. [Consultado el 06 de abril del 2007]
<[http:// captura.uchile.cl/dspace/andel/2250/1809](http://captura.uchile.cl/dspace/andel/2250/1809)>
33. Perfil Técnico del restaurador Universal Filtek Z350
34. Baratieri L. Clareamiento dental. 1ra edición. Editorial Quintessence; 1994.
35. Baratieri L, Ritter A, Monteiro S, Caldeira M, Cardoso L. Blanqueamiento de dientes no vitales; normas generales para el clínico. Quintessence (ed. Esp). 1996; 9(7): 401-12.
36. Sarmiento J. Bioseguridad en el blanqueamiento dentario Estética y Operatoria dental; referido en Hinostroza G. Estética y Operatoria Dental. 1ra edición. Publicado por la Asociación Peruana de Odontología Restauradora y Biomateriales; 2002. Págs.: 133-137.
37. Moreira, M. Importancia del blanqueamiento dental en el Planeamiento restaurador estético; referido en Hinostroza G. Operatoria Dental y Biomateriales 2000. 1ra edición. Publicado por la Asociación Peruana de Odontología Restauradora y Biomateriales; 2000. Págs.: 34-37.
38. Melo N, Gallego G, Restrepo L, Peláez A. Blanqueamiento vital y métodos para la valoración de su eficacia y estabilidad. Revista CES Odontología. 2000; 19(2):53-60.
39. Caughman F. Blanqueamiento con peroxide de carbamida de dientes unitarios, sin vitalidad y decolorados: casos clínicos. Quintessence. 2000; 13(4): 217-24
40. Oltu Ü, Gürkan S. Effects of three concentrations of carbamide peroxide on the structure of enamel. Journal of Oral Rehabilitation. 2000; 27(4): 332-40.
41. Haywood VB. Nightguard vital bleaching: current concepts and research. JADA.1997; 128: 19s-25s.
42. Kihn PW. A clinical evaluation of 10 percent vs15 percent carbamide peroxide tooth-whitening agents. JADA1999; 131 (10):1478-84.

43. Cochran MA.,Matis BA. The efficacy and safety of a 10% carbamide peroxide bleaching gel. Quintessence.1998; 29(9):555-63.
44. L.M. Ilizarbe. Nuevo método para blanqueamiento de dientes vitales mediante gases hiperoxidantes naturales. [consultado el 06 de abril del 2007]
<http://www.electrozono.com/articulos/blanqueamiento/art_blanq.htm>
45. Leonard J, Haywood V.B, Phillips C. Factores de riesgo en el desarrollo de sensibilidad dentaria e irritación gingival en los tratamientos de blanqueamiento vital con férulas nocturnas. Quintessence (ed. esp.).1998; 11(5):283-89.
46. Li Yimin. Toxicological considerations of tooth bleaching using peroxide-containing agents. JADA. 1997; 128 Suppl: 31s-36s.
47. Haywood VB. Heymann HO. Nightguard vital bleaching: How safe is it. Quintessence Int. 1991; 22(7):515-23.
48. Goldstein GR, Kiremidjian-Schumacher L. Bleaching: is it safe and effective? J Prosthet Dent. 1993; 69:325-28.
49. Powell LV, Bales DJ. Tooth bleaching: its effect on oral tissues J Am Dent Assoc. 1991; 122(11):50-4.
50. Zekonis R, Matis BA, Cochran MA, Shetri SE, Eckert GJ, Carlson TJ. Clinical evaluation of in-office and at-home bleaching treatments. Oper Dent. 2003; 28(2):114-121.
51. Browning WD, Chan DC, Frazier B, Scallan RS, Blalock J. Safety and efficacy of a nightguard bleaching agent containing sodium fluoride and potassium nitrate. Quintessence International. 2004; 35: 693-98.
52. Cavalli V, Arrais C, Giannini M, Ambrosano G. High- concentrated carbamide peroxide bleaching agents effects on enamel surface. J Oral Rehabilit. 2004; 31:155-59.
53. Cvitko E, Denehy GE, Swift EJ, Pires JA. Bond strength of composite resin to enamel bleached with carbamide peroxide. J Esthet Dent. 1991; 3(3):100-2.

54. Garcia-Godoy F, Dodge WW, Donohue M, O'Quinn JA. Composite resin bond strength after enamel bleaching. *Oper Dent*. 1993; 18(4):144-47.
55. Nima G. Efecto de una sola aplicación de un blanqueador de Peroxido de Hidrógeno al 35% sobre la fuerza de adhesión al esmalte en diferentes intervalos de tiempo. *Odontología online*. [Consultado el 05 de Marzo del 2007]
<<http://www.odontologiaonline.com/estudiantes/trabajos/gnb/gnb04/gnb04.html> >
56. Basting RT, Rodrigues JA, Serra MC, Pimenta LA. Shear bond strength of enamel treated with seven carbamide peroxide bleaching agents. *J Esthet Restor Dent*. 2004; 16(4):250-59.
57. Cavalli V, Reis AF, Gianini M, Ambrosano GMB. The effect of elapsed time following bleaching on enamel bond strength of resin composite. *Operative Dentistry*. 2001; 26(6): 597-602.
58. Barrancos J. *Operatoria Dental*. 3ra edición. Editorial Médica Panamericana. 1999.
59. Winston A; Bhaskar S. Caries Prevention in the 21st century. *J Am Dent Assoc* 1998; 2: 60.
60. Ogaard B, Seppa L, Rodal G. Professional Topical fluoride applications clinical efficacy and mechanism of action. *Adv Dent res*. 1994; 8(2):190-201.
61. Jenkins G. *Fisiología Bioquímica Bucal*. 4ta edición. Editorial Limusa; 1983.
62. Segura A. Acid abrasive enamel reduction for tooth color correction. *Am J Dent*. 1991; 4(2): 103 -104.
63. OMS. *El uso correcto de los fluoruros en la salud Pública*. Ginebra. 1986.
64. R.A.D.Williams, J.C.Elliot. *Bioquímica Dental Básica y Aplicada*. 1ra edición. Editorial El manual moderno, S.A. 1982.
65. Monterde ME, Delgado JM, Martínez IM, Guzmán CE, Espejel M. Desmineralización y remineralización del esmalte dental. *Revista ADM* 2002; 59(6): 220-222.

66. P.Adler y col. Fluoruro y Salud. 1ra edición. OMS 1972.
67. B.T.Amaechi, L.M.Clark. Does Fluoridation affect the whitening efficacy of Bleaching gel? <http://iadr.confex.com/iadr/2007_orleans/techprogram/abstract_91338.htm>
68. Lewinstein, N. Fuhrer, N. Churaru, H. Cardash. Effect of different peroxide bleaching regimens and subsequent fluoridation on the hardness of human enamel and dentin. The Journal of Prosthetic Dentistry. 2004; 92 (4): 337-42.
69. Attin T, Kielbassa A, Schwanenberg M, Helling E. Effect of fluoride treatment on remineralization of bleached enamel. J Oral Rehabil. 1997; 24(4):282-6.
70. Craig Robert y col. Materiales de odontología Restauradora.10ma edición. Editorial Harcourt Brace; 1998.
71. Pashley DH, Carvalho RM, Sano H, Nakajima M, Yoshiyama M, Shono Y, Fernández CA, Tay F. The Microtensile Bond Test: A review. Journal of Adhesive Dentistry. 1999. 1(4):299-309.
72. Nima G. Fuerza de adhesión in Vitro de cinco sistemas adhesivos y un autograbadador - autoadhesivo sobre la dentina del canal radicular y coronal superficial. Tesis Bachiller UNMSM 2006.
73. International Organization for Standardization [consultado el 20 de setiembre del 2007] <http://www.iso.org/iso/standards_development/technical_committees/list_of_iso_technical_committees/iso_technical_committee.htm?commid=51218>

ANEXOS

ANEXO I

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

GRUPO:

Espécimen	Área			Fuerza de resistencia a la Microtensión	Fuerza de adhesión en Mpa
	Ancho	Espesor	Total		
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					

Media	
Desviación Standard	
Coef. Variabilidad	
Mediana	

ANEXO II

CUADROS ESTADÍSTICOS

ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LOS GRUPOS DE ESTUDIO

MEDIDAS GRUPOS	Número de datos	Mediana	Mínimo	Máximo	Percentiles		
					25	50	75
CONTROL	33	31.78	14.8	45.17	24.25	31.78	35.58
SIN FLÚOR	33	24.78	11.32	37.86	18.88	24.78	30.17
CON FLÚOR	33	28.19	16.88	39.48	25.07	28.19	32.75

PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1.514	2	96	.225

p=0.225, no se rechaza la hipótesis ($p>0.05$) es decir las varianzas son iguales

ANEXO III

FOTOGRAFÍAS DE MATERIALES

Figura 01. Saliva artificial, suero fisiológico, agua bidestilada



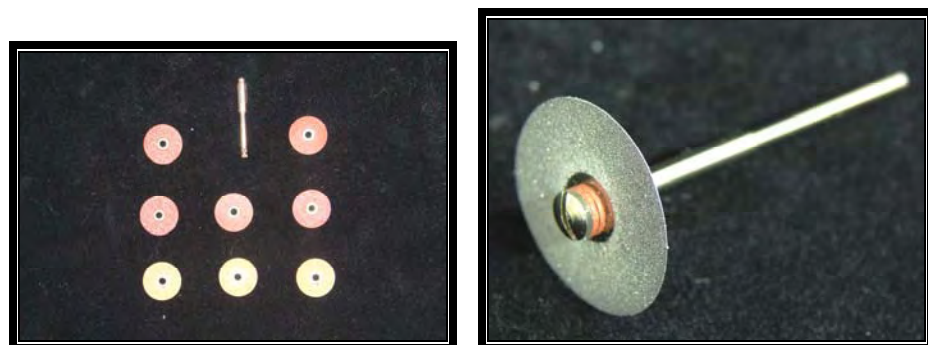
Figura 02. Opalescence y Opalescence PF



Figura 03. Scotchbond, Single Bond 2, brush, resina Filtek Z350



Figura 04. Discos sofex, disco diamantado biactivo



ANEXO IV

FOTOGRAFÍAS DEL PROCEDIMIENTO

Figura 05. *OBTENCIÓN DE LA MUESTRA*

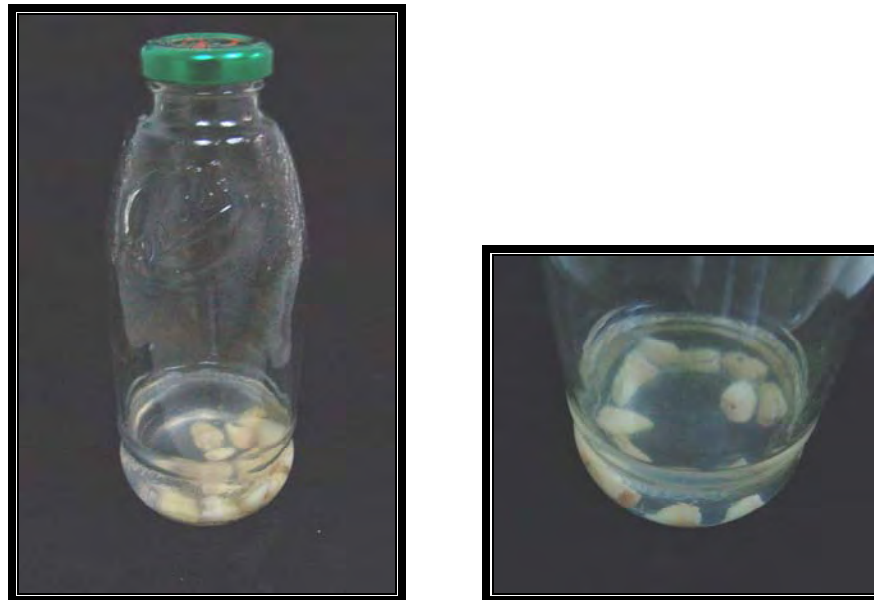


Figura 06. *PREPARACIÓN DE LA MUESTRA*



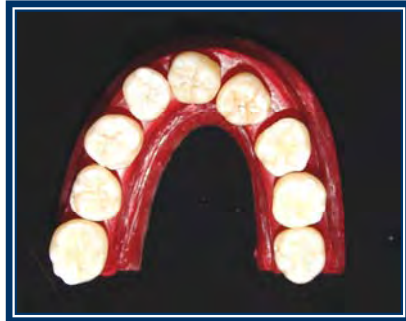
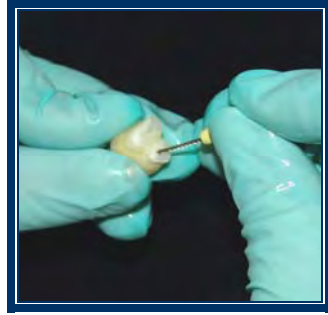


Figura 07. *PROCEDIMIENTO DEL BLANQUEAMIENTO*

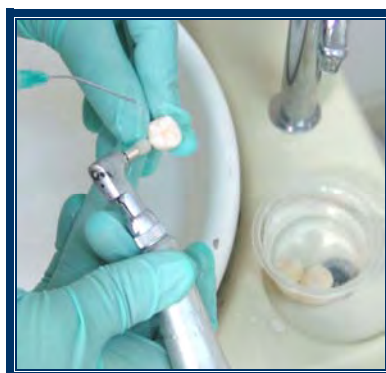
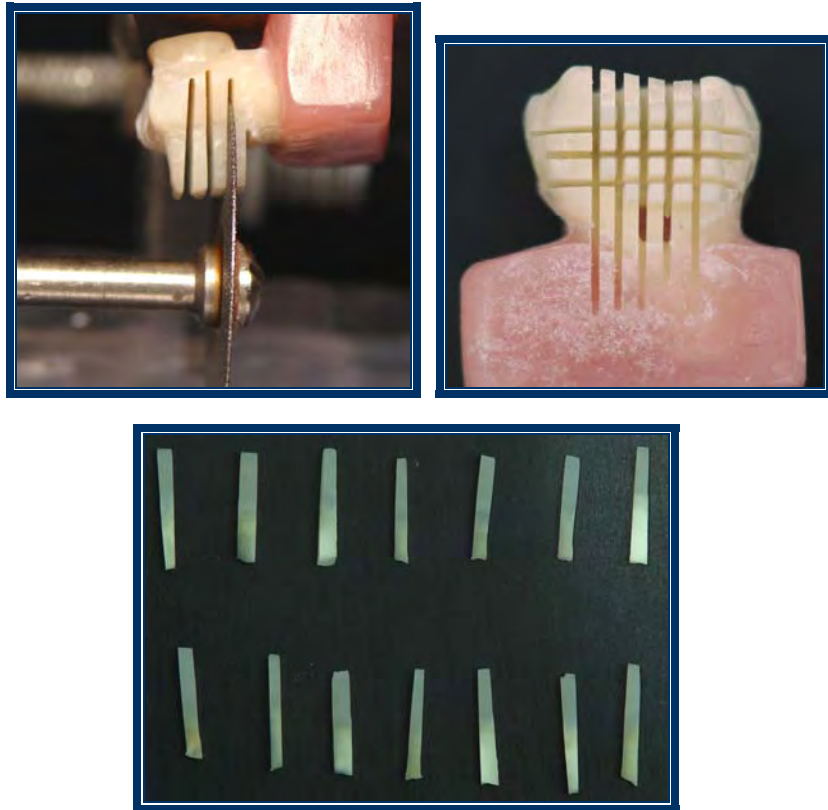




Figura 08. *PROCEDIMIENTO DE ADHESIVO*



Figura 09. *OBTENCIÓN DE LOS ESPECÍMENES*



Especímenes

Figura 10. *VERNIER DIGITAL para determinar el área adhesiva con exactitud*



Figura 11. *MAQUINA DE MICROTENSIÓN*
(Microtensile Tester de la casa de bisco)

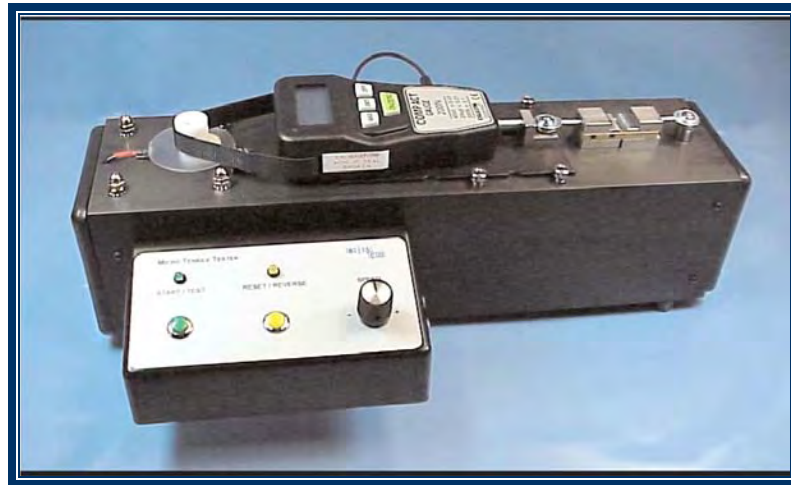
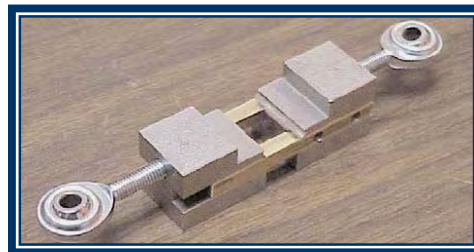


Figura 12. *TEST DE MICROTENSIÓN*

Los especímenes previamente medidos fueron colocados en el dispositivo de prueba del Microtensiómetro (B), donde se le aplicó una fuerza constante hasta que se observó la fractura (C)



Dispositivo de prueba

